

ANALISIS PENGARUH INTERKONEKSI DISTRIBUTED GENERATION (DG) TERHADAP PROFIL TEGANGAN DAN RUGI-RUGI DAYA DALAM SISTEM DISTRIBUSI PADA PT PLN (PERSERO) KOTA BARU

Muhammad Affriadi Sanjaya
NIM : 1212011

Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang
Email: afry.adi18@gmail.com

Abstak

Pusat pembangkit listrik berkapasitas besar biasanya terletak jauh dari pusat beban sehingga membutuhkan saluran transmisi yang panjang. Dampaknya adalah susut tegangan dan rugi-rugi dayanya menjadi semakin besar. Distributed generation (DG) dengan kapasitas kecil dan tegangan nominal rendah menjadi salah satu alternatif dalam membangkitkan energi listrik. Pengoperasian DG pada sistem distribusi mengakibatkan aliran daya yang terbalik arahnya sehingga bisa berpengaruh terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya sistem. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengoperasian DG terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya sistem. Penelitian diawali dengan memodelkan sistem distribusi PT.PLN (Persero) Kotabaru dan DG ke dalam software ETAP. Setelah modelnya lengkap, dilakukan simulasi aliran daya. Profil tegangan dan rugi-rugi daya sistem akan diamati dari hasil simulasi ini. DG yang dipakai dalam simulasi ini sudah ditentukan lokasi pemasangan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pemasangan DG dapat memperbaiki profil tegangan yang sebelumnya mengalami kritis, terutama pada akhir penyulang 4 dan 5 profil tegangan 0.94 pu dapat di tingkatkan ke batas level margin yang di ijin menjadi 0,96 p.u, batas margin yang di ijin lebih dari 0,95 p.u dan kurang dari 1,05p.u. Sedangkan rugi-rugi daya yang dapat di reduksi dari 288,948 (kw) dan 354,239 (Kvar) setelah pemasangan distributed generation dapat di reduksi menjadi 281,837 (kw) dan 330,929 (Kvar).

Kata Kunci : *Distributed Generation, profil Tegangan, rugi-rugi*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga kami selaku penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul *"Analisis Pengaruh Interkoneksi Distributed Generation (DG) Terhadap Profil Tegangan Dan Rugi-Rugi Daya Dalam Sistem Distribusi Pada PT. PLN (Persero) Korabaru"*.

Sebagai pihak penyusun penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak, maka laporan ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penyusun mengucapkan terima kasih yang terhormat:

1. **Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT** selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. **Dr. F. Yudi Limpraptono, ST, MT** selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Teknologi Nasional Malang.
3. **M. Ibrahim Ashari, ST, MT**, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Teknologi Nasional Malang dan Dosen Pembimbing Skripsi.
4. **Prof.Dr.Eng.Ir. Abraham Lomi, MSEE**, selaku dosen Pembimbing Skripsi.
5. **Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**, selaku dosen Pembimbing Skripsi.
- 6.
7. Kepada kedua orang tua saya yang selalu mendoakan dan mendukung saya sampai sejauh ini.
8. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2012 dan 2011, Khususnya Kosentrasi Energi Listrik yang selalu semangat dan mensupport dalam meraih gelar ST.

Penyusun menyadari bahwa pembuatan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan demi kesempurnaan dalam pembuatan skripsi ini.

Malang, Januari 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Pembahasan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Prosedur penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
 BAB II KAJIAN PUSTAKA	 5
2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik	5
2.1.1 Sistem Distribusi Primer	6
2.1.2 Sistem Distribusi Skunder.....	6
2.2 Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik.....	6
2.2.1 Jaringan Distribusi Radial	7
2.2.2 Sistem Jaringan Distribusi Loop	8
2.2.3 Sistem Spindel	10
2.3 Daya Dalam Sistem Tenaga	10

2.3.1 Daya Nyata (Real Power).....	10
2.3.2 Daya Reaktif (Reactive Power).....	11
2.3.3 Daya Semu (<i>Apparent Power</i>)	11
2.3.4 Faktor Daya (Power Factor).....	11
2.4 Rugi-Rugi Energi (Energi Losses)	12
2.5 Distributed Generation	13
2.5.1 Kapasitas Disributed Generation.....	14
2.6 Macam Teknologi Distributed Generation.....	14
2.6.1 Photovoltaic (PV).....	15
2.6.2 Wind Turbin	16
2.6.3 Small Hydro Micro Hydro	16
2.7 Interkoneksi Distributed Generation	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1. ETAP Power Station	18
3.2. Langkah Kerja Simulasi dan Analisa menggunakan Software <i>ETAP</i> <i>power Station</i>	20
3.3.Algoritma simulasi ETAP Power Station.....	27
3.4. Flowchart.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1. Area Pelayanan PT PLN (Persero) Kotabaru	29
4.2.Sistem Pembangkit PT PLN (Persero) Kotabaru	29
4.3. Sistem Jaringan PT. PLN (Persero) Kotabaru	30

4.3.1.Data Pengukuran Beban	30
4.3.2.Data Saluran	31
4.4.Pemodelan Single Line Diagram Sistem Kelistrikan PT. PLN Kota Baru Menggunakan Sofwer Etap Power Station.....	32
4.5.Simulasi Load Flow Analysis pada Kondisi Base Case Menggunakan Software ETAP Power Station.....	32
4.6.Hasil Perbandingan total <i>Ploss</i> dan <i>Qloss</i> Kondisi <i>Base Case</i> dan Sesudah Penempatan Distributed Generation	44
BAB V PENUTUP	45
5.1. Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema penyaluran tenaga listrik jaringan distribus.....	5
Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Radial	7
Gambar 2.3 jaringan Distribusi Loop.....	9
Gambar 2.4 jaringan Distribusi Spindel	10
Gambar 2.5 Segitiga Daya.....	12
Gambar 2.6 Skema Pembangkit Listrik Tenaga Surya	15

Gambar 2.7	Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin.....	16
Gambar 2.8	Bagan Sederhana Pembangkit Tenaga Mikrohidro.....	17
Gambar 2.9	Interkoneksi	17
Gambar 3.1	Tampilan Program ETAP Power Station	20
Gambar 3.2	Input data generatot.....	21
Gambar 3.3	Data line / Penghantar 20 kV	22
Gambar 3.4	Inputan data Trafo	23
Gambar 3.5	Inputan data Beban.....	24
Gambar 3.6	Inputan Data PV array.....	25
Gambar 3.7	Inputan Data Inverter	26
Gambar 3.8	Flowchat peyelesaian masalah	28
Gambar 4.1	Single Line diagram Pembangkit PLTD	29
Gambar 4.2	single line sistem jaringan PLN Kotabaru.....	30
Gambar 4.3	Pemodelan single line diagram sistem kelistrikan PLN Kota Baru pada software ETAP Power Station.....	32
Gambar 4.4	Load flow analysisi sebelum pemasangan pembangkit ditributrd genetation (DG).....	33
Gambar 4.5	load flow analisis sesudah pemasangan distributed generation (DG)	33
Gambar 4.6	profil tegangan pada kondisi sebelum di pasang DG penyulang 1	36
Gambar 4.7	profil tegangan pada kondisi sebelum di pasang DG penyulang 2	36
Gambar 4.8	profil tegangan pada kondisi sebelum di pasang DG penyulang 3	37

Gambar 4.9	profil tegangan pada kondisi sebelum di pasang DG penyulang 4	37
Gambar 4.10	profil tegangan pada kondisi sebelum di pasang DG penyulang 5	38
Gambar 4.11	profil tegangan pada kondisi setelah di pasang DG penyulang 1	38
Gambar 4.12	profil tegangan pada kondisi setelah di pasang DG penyulang 2	39
Gambar 4.13	profil tegangan pada kondisi setelah di pasang DG penyulang 3	39
Gambar 4.14	profil tegangan pada kondisi setelah di pasang DG penyulang 4	40
Gambar 4.15	profil tegangan pada kondisi setelah di pasang DG penyulang 5	40
Gambar 4.16	perbandingan profil tegangan sebelum dan sesudah interkoneksi Distributed generation (DG) penyulang 1	41
Gambar 4.17	perbandingan profil tegangan sebelum dan sesudah interkoneksi Distributed generation (DG) penyulang 2	41
Gambar 4.18	perbandingan profil tegangan sebelum dan sesudah interkoneksi Distributed generation (DG) penyulang 3	42
Gambar 4.19	perbandingan profil tegangan sebelum dan sesudah interkoneksi Distributed generation (DG) penyulang 4	43
Gambar 4.20	perbandingan profil tegangan sebelum dan sesudah interkoneksi Distributed generation (DG) penyulang 5	43
Gambar 4.21	Grafik perbandingan P_{loss} (kw) dan Q_{loss} (Kvar) kondisi base case dan setelah penempatan distributed generation	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Data Pengukuran Beban.....	30
Tabel 4.2	Data Saluran Dan Beban Total PT. PLN kotabaru	31
Tabel 4.3	Perbandingan margin tegangan sebelum dan setelah pemasangan distributed generation	34
Tabel 4.4	perbandingan total <i>Ploss</i> dan <i>Qloss</i> Kondisi <i>base case</i> dan sesudah penempatan <i>distributed generation</i>	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan sumber energi utama dunia. Tenaga listrik dibangkitkan di stasiun pembangkit dan disalurkan ke konsumen melalui saluran transmisi dan saluran distribusi. Pertimbangan ekonomi dan masalah lingkungan mengakibatkan fasilitas pembangkitan berkapasitas besar biasanya diletakkan di daerah pinggiran yang jauh dari pusat beban. Dengan demikian diperlukan banyak komponen sistem tenaga untuk menyalurkan energi listrik. Pembangkit listrik yang beroperasi menggunakan batubara atau nuklir menimbulkan permasalahan polusi terhadap lingkungan. Energi yang tersedia dari matahari, air dan angin merupakan energi yang bersih, tidak mengotori lingkungan, dan gratis. Energi ini dapat diubah menjadi listrik dengan menggunakan sel surya, pembangkit listrik mikrohidro dan turbin angin. Di sisi lain, peningkatan permintaan energi listrik tidak dapat dipenuhi oleh pembangkit berkapasitas besar karena adanya keterbatasan saluran transmisi. Oleh karena itu diperlukan pembangkit yang efisien seperti jenis pembangkit listrik tersebar (*DG, Distributed Generation*). Isu lain yang mendorong pengembangan DG adalah tingginya biaya transmisi dan distribusi (Willis and Scott, 2000). Pembangunan saluran transmisi baru membutuhkan biaya investasi yang besar. Dengan demikian diperlukan suatu pembangkit yang bisa dipasang di dekat beban seperti DG. DG menggunakan generator berukuran lebih kecil dari stasiun pembangkitan terpusat. DG biasanya mempunyai kapasitas kurang dari 10MW. DG mendistribusikan tenaga listrik di dekat beban dan dapat diterapkan pada cakupan luas. DG dengan kapasitas daya yang kecil dapat digunakan untuk melayani beban puncak yang hanya terjadi pada jam-jam tertentu tiap harinya (Delfino, 2002). Manfaat DG antara lain :

- a. Pada pengguna akhir atau pelanggan, umumnya mendapat keuntungan dengan adanya pembangkit cadangan skala kecil yang dapat meningkatkan keandalan penyaluran tenaga listrik.
- b. Dapat mengatasi pertumbuhan beban yang tidak pasti dan dapat menekan harga listrik melambung tinggi.

Dengan adanya DG ini, kondisi sistem tenaga menjadi lebih rumit untuk dipahami. Oleh karena itu, sangat diperlukan untuk mengetahui pengaruh pemasangan DG terhadap perubahan apapun di dalam sistem. Wang dan Nehrir (2003) menyajikan suatu metoda analitis untuk menentukan lokasi optimal dalam menempatkan DG di sistem distribusi radial untuk memperkecil rugi – rugi daya system.

Secara konvensional, dianggap bahwa tenaga listrik pada sistem distribusi selalu mengalir dari gardu induk ke ujung penyulang baik dalam operasi dan perencanaannya. Pengoperasian DG mengakibatkan aliran daya terbalik dan profil tegangan yang kompleks pada sistem distribusi. Dengan adanya pemasangan DG, maka akan terjadi perubahan besar arus pada suatu saluran tertentu sehingga akan berpengaruh terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya saluran. Dalam penelitian ini akan dianalisis dampak pemasangan DG terhadap profil tegangan dan rugi-rugi daya sistem distribusi

1.2. Rumusan masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana profil tegangan akibat pemasangan *Distributed Generation* (DG) pada sistem 20 kv di PLN Kotabaru
2. Bagaimana Rugi – rugi Tegangan akibat Pemasangan *Distributed Generation* (DG)

1.3. Tujuan

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan diatas , maka tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Mengetahui Bagaimana profil tegangan akibat pemasangan DG pada sistem jaringan distribusi PT.PLN Kotabaru Kalimantan Selatan
2. Mengetahui dampak rugi – rugi tegangan akibat pemasangan *Distributed Generation* (DG)

1.4. Batasan masalah

Agar permasalahan dalam skripsi ini mengarah sesuai dengan tujuan maka pembahasan dalam skripsi ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Skripsi ini membahas analisis profil tegangan dan rugi – rugi daya sebelum dan sesudah pemasangan DG
2. Analisa dilakukan hanya sebatas pengkajian beban yang telah ada.
3. Studi dilakukan pada sistem jaringan distribusi 20 kV PT.PLN Kotabaru
4. Analisa dilakukan dengan menganggap sistem kelistrikan dalam keadaan normal.
5. Analisis menggunakan *software ETAP Power Station*

1.5. Prosedur penelitian

Prosedur dalam penyusunan skripsi ini adalah :

1. Studi literature, yaitu kajian pustaka yang mempelajari teori- teori yang terkait melalui literatur yang ada, yang berhubungan dengan permasalahan. Studi literatur yang digunakan meliputi buku, jurnal ilmiah, beberapa user manual peralatan dan dari nara sumber yang berkopeten.
2. Pengumpulan data.

Bentuk data yang digunakan adalah:

Data kualitatif, yaitu data yang berbentuk diagram. dalam hal ini berupa single line jaringan distribusi PT.PLN Kotabaru Kalimantan Selatan

Data kuantitatif, yaitu berupa data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka guna mempermudah dalam pengerjaan skripsi yaitu data trafo, data beban, dan data saluran

3. Pengolahan data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data yang telah diperoleh dan data yang diperoleh belum sesuai dengan data yang digunakan untuk simulasi.

4. Simulasi

Melakukan simulasi sesuai dengan metode yang digunakan, dengan menggunakan *software ETAP power Station*.

5. Kesimpulan dan saran

Bab ini berisikan point-point dari permasalahan yang telah di analisa. selain itu diberikan juga saran atau rekomendasi terkait dengan hal yang telah di analisa.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika dari pembahasan dari skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, prosedur penelitian, serta sistematika penulisan.

BABA II : KAJIAN PUSTAKA

Dalam bab ini membahas tentang teori–teori yang mendukung dalam simulasi dan analisis skripsi ini.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab akan dibahas masalah profil tegangan, dan rugi tegangan yang akibatkan interkoneksi DG

BAB IV : HASIL DAN ANALISA HASIL

Pada bab ini berisi data analisa dan hasil

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

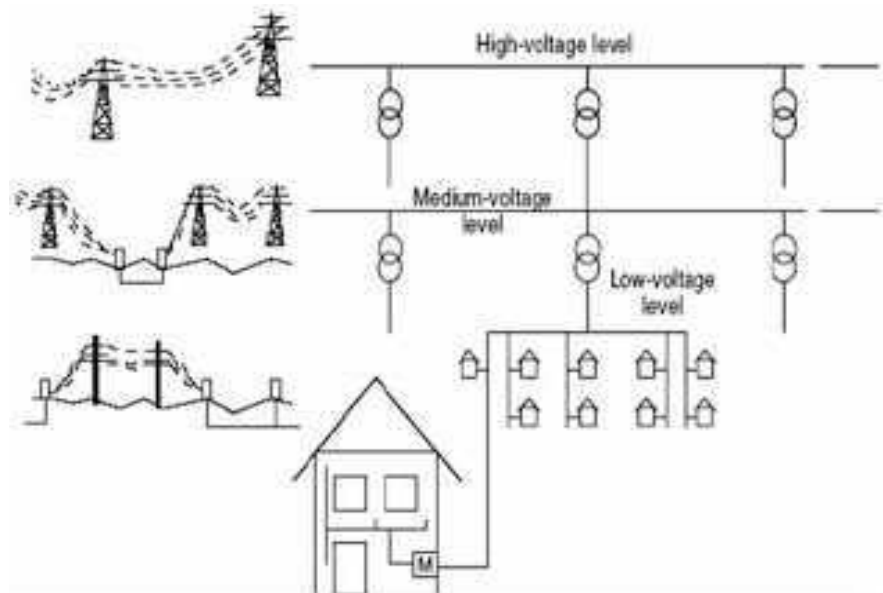
Merupakan bab terakhir yang memuat intisari dari hasil pembahasan yang berisikan kesimpulan dan saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk pengembangan penulisan selanjutnya.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan distribusi pada sistem tenaga listrik merupakan salah satu bagian pada penyaluran tenaga listrik dari gardu induk sampai konsumen tenaga listrik. Menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban (konsumen) dengan mutu yang memadai merupakan fungsi dari sistem distribusi tenaga listrik.



Gambar 2.1 Skema penyaluran tenaga listrik jaringan distribus

Klasifikasi sistem distribusi tenaga listrik terbagi menjadi dua ini berdasarkan tingkat tegangan distibusiannya. Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tegangan yang digunakan bervariasi tergantung pada jenis konsumen yang membutuhkan. Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem, yaitu :

Sistem distribusi primer

Sistem distribusi sekunder

2.1.1 Sistem Distribusi Primer

Jaringan distribusi primer merupakan bagian dari sistem tenaga listrik antar gardu induk dan gardu distribusi dengan tegangan kerja 20 kV atau 6 kV. Pada jaringan distribusi primer umumnya terdiri dari jaringan tiga - fasa dengan menggunakan tiga atau empat kawat sebagai penghantar. Didalam penyalurannya pada jaringan distribusi primer menggunakan saluran kawat udara, kabel udara dan sistem kabel tanah dimana penggunaannya sesuai dengan tingkat keandalan yang dibutuhkan .

2.1.2 Sistem Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder merupakan bagian dari jaringan distribusi dimana jaringan ini berhubungan langsung dengan konsumen tenaga listrik. Pada umumnya tegangan pada jaringan distribusi sekunder 220 / 380 volt .

2.2 Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Jaringan distribusi berdasarkan letak jaringan terhadap posisi gardu distribusi, dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu : [2]

Jaringan distribusi primer (jaringan distribusi tegangan menengah).

Jaringan distribusi sekunder (jaringan distribusi tegangan rendah).

Jaringan distribusi primer (JDTM) merupakan suatu jaringan yang letaknya sebelum gardu distribusi berfungsi menyalurkan tenaga listrik bertegangan menengah (misalnya 6 kV atau 20 kV).hantaran dapat berupa kabel dalam tanah atau saluran/kawat udara yang menghubungkan gardu induk (sekunder trafo) dengan gardu distribusi atau gardu hubung (sisi primer trafo didistribusi).

Jaringan distribusi sekunder (JDTR) merupakan suatu jaringan yang letaknya setelah gardu distribusi berfungsi menyalurkan tenaga listrik bertegangan rendah (misalnya 220 V/380V). Hantaran berupa kabel tanah atau kawat udara yang

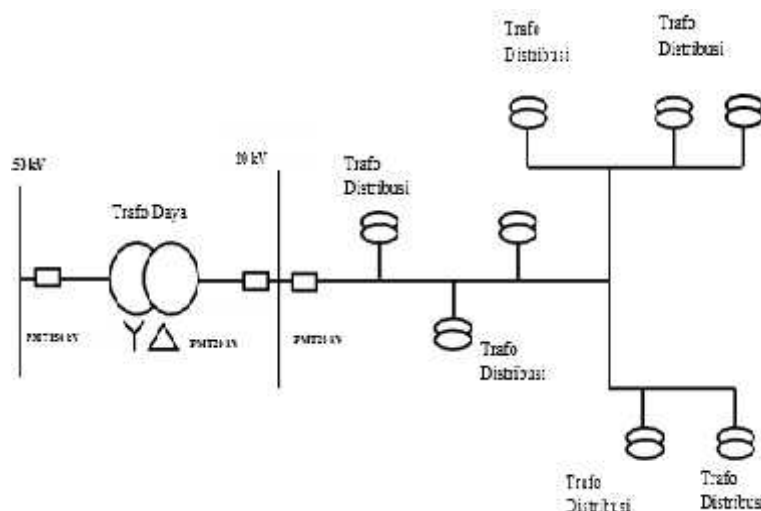
menghubungkan dari gardu distribusi (sisi sekunder trafo distribusi) ke tempat konsumen atau pemakai (misalnya industri atau rumah– rumah).

Sedangkan untuk gardu distribusi sendiri adalah suatu tempat/ sarana, dimana terdapat transformator step down yaitu transformator yang menurunkan tegangan dari tegangan menengah menjadi tegangan rendah (sesuai kebutuhan konsumen).

Berdasarkan konfigurasi jaringan, maka sistem jaringan distribusi dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu sistem jaringan distribusi radial, loop dan spindel.

2.2.1 Jaringan distribus radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang – cabangkan ke titik – titik beban yang dilayani, seperti terlihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Radial

Catu daya berasal dari satu titik sumber dan karena adanya pencabangan – pencabangan tersebut, maka arus beban yang mengalir disepanjang saluran menjadi tidak sama sehingga luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak sama sehingga luas penampang konduktor pada jaringan bentuk radial ini ukurannya tidak sama karena arus yang paling besar mengalir pada jaringan yang paling dekat dengan gardu induk. Sehingga saluran yang paling dekat

dengan gardu induk ini ukuran penampangnya relatif besar dan saluran cabang – cabangnya makin ke ujung dengan arus beban yang lebih kecil mempunyai ukuran konduktornya lebih kecil pula. Spesifikasi dari jaringan bentuk radial ini adalah :

Bentuknya sederhana.

Biaya investasinya murah.

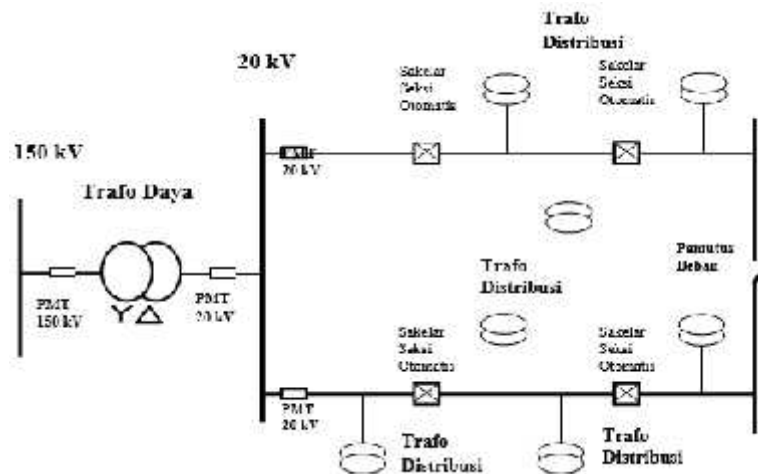
Kualitas pelayanan dayanya relatif jelek, karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar.

Kontinuitas pelayanan daya kurang terjamin sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami pemadaman total, yaitu daerah saluran sesudah atau dibelakang titik gangguan selama gangguan belum teratasi.

Untuk melokalisir gangguan pada bentuk radial ini biasanya dilengkapi dengan peralatan pengaman, fungsinya untuk membatasi daerah yang mengalami pemadaman total, yaitu daerah saluran sesudah atau dibelakang titik gangguan selama gangguan belum teratasi.

2.2.2 Sistem Jaringan Distribusi Loop.

Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan ring. Susunan rangkaian saluran membentuk ring, seperti terlihat pada gambar 2.3 yang memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena drop tegangan dan rugi daya saluran menjadi lebih kecil.



Gambar 2.3. jaringan Distribusi Loop

Bentuk sistem jaringan distribusi loop ini ada 2 macam yaitu :

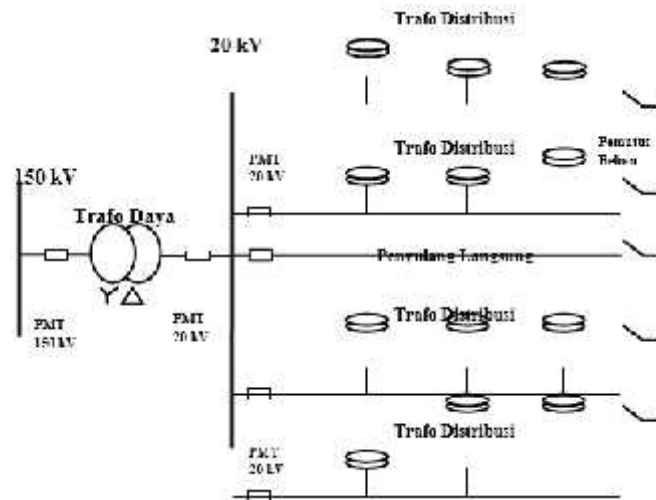
- Bentuk open loop, bila dilengkapi dengan normally open switch yang terletak pada salah satu bagian gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.
- Bentuk close loop, bila dilengkapi dengan normally close switch yang terletak pada salah satu bagian diantara gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup.

Struktur jaringan ini merupakan gabungan dari dua buah struktur jaringan radial, dimana pada ujung dari dua buah jaringan dipasang sebuah pemutus (PMT), pemisah (PMS). Pada saat terjadi gangguan, setelah gangguan dapat diisolir, maka pemutus atau pemisah ditutup sehingga aliran daya listrik ke bagian yang tidak terkena gangguan tidak terhenti. Pada umumnya penghantar dari struktur ini mempunyai struktur yang sama, ukuran konduktor tersebut dipilih sehingga dapat menyalurkan seluruh daya listrik beban struktur loop, yang merupakan jumlah daya listrik beban dari kedua struktur radial.

Jaringan distribusi loop mempunyai kualitas dan kontinuitas pelayanan daya yang lebih baik, tetapi biaya investasi lebih mahal dan cocok digunakan pada daerah yang padat dan memerlukan keandalan tinggi.

2.2.3 Sistem Spindel

Sistem Spindel seperti pada Gambar 5. adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola Radial dan Ring. Spindel terdiri dari beberapa penyulang (feeder) yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH).



Gambar 2.4. jaringan Distribusi Spindel

2.3 Daya Dalam Sistem Tenaga

Analisa aliran daya merupakan studi dasar dalam menganalisa suatu sistem Tenaga Listrik, baik untuk perencanaan maupun operasi. Pada dasarnya sasaran utama dari semua analisa aliran daya adalah menentukan besar dan sudut fasa tegangan pada setiap bus, dengan diketahuinya tegangan maka daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dapat dihitung. Jika P dan Q pada dua buah bus diketahui maka aliran daya dengan jelas dapat diketahui, serta rugi-rugi daya saluran penghubung dapat diketahui.

2.3.1 Daya Nyata (*Real Power*)

Daya nyata dinyatakan dalam persamaan :

$$P = |V| |I| \cos \dots\dots\dots (2-1)$$

Daya nyata untuk beban 3 fasa seimbang

$$P = \sqrt{3} |V_{j\text{-}jala - j\text{-}jala}| |I_{j\text{-}jala - j\text{-}jala}| \cos \dots\dots\dots(2-2)$$

2.3.1 Daya Reaktif (*Reactive power*)

Daya reaktif adalah daya yang timbul karena adanya pembentukan medan magnet pada beban-beban induktif. Daya reaktif dinyatakan dalam persamaan:

$$Q = |V| |I| \sin \dots\dots\dots(2-3)$$

Daya reaktif untuk beban 3 fasa seimbang

$$Q = \sqrt{3} |V_{j\text{-}jala - j\text{-}jala}| |I_{j\text{-}jala - j\text{-}jala}| \sin \dots\dots\dots(2-4)$$

2.3.3. Daya Semu (*Apparent Power*)

Daya semu dinyatakan dalam persamaan :

$$S = |V| |I| \dots\dots\dots(2-5)$$

Daya semu beban 3 fasa seimbang:

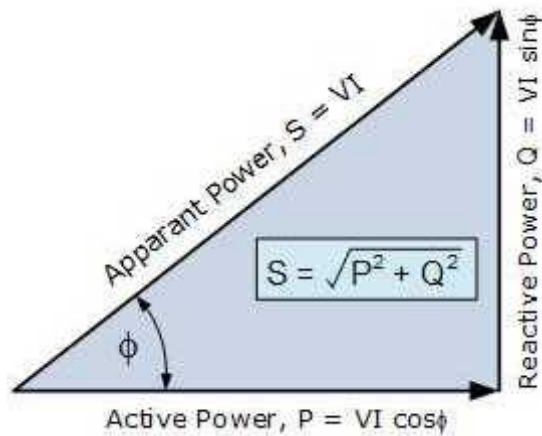
$$S = \sqrt{3} |V| |I| \dots\dots\dots(2-5)$$

2.3.4 Faktor daya (*power Factor*)

Faktor daya pada dasarnya didefinisikan sebagai perbandingan antara daya nyata dan daya semu, dinyatakan oleh persamaan:

$$\cos = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{\text{Daya nyata}(W)}{\text{Daya semu}(VA)} \dots\dots\dots(2-6)$$

Hubungan antara daya nyata, daya reaktif dan daya semu dapat diilustrasikan ke dalam sebuah segitiga siku-siku dengan sisi miring sebagai daya semu, salah satu sisi siku sebagai daya nyata, dan sisi siku lainnya sebagai daya reaktif.



2.5 Segitiga Daya

Sumber : <http://www.electronics-tutorials.ws/accircuits/reactive-power.html>

2.4 Rugi- Rugi Energi (Energi Losses)

Daya listrik yang dikirim dan disalurkan dari gardu induk/trafo distribusi ke pemakai mengalami rugi tegangan dan rugi daya, ini disebabkan karena saluran distribusi mempunyai tahanan, induktansi, dan kapasitas. Karena saluran distribusi primer ataupun sekunder berjarak pendek maka kapasitas dapat diabaikan, dengan demikian dapat dibuat rangkaian ekuivalen dari saluran distribusi.

Kerugian akibat pelembehan, pelembehan logam berpengaruh terhadap sedikit pada semua suhu dan merupakan fungsi suhu dan waktu. Bersamaan dengan penurunan batas tegangan tarik pada keadaan kumulatif. Pelembehan yang terlihat dan kerugian tegangan tarik tidak berpengaruh jika penghantar dalam batas yang dianjurkan. Pada keadaan tertentu harga – harga pada suatu tingkat umur yang ditaksir dapat ditentukan. Untuk para ahli perlu mengetahui hubungan antara suhu kerja, waktu suhu kerja dan penurunan kekuatan penghantaryang bersangkutan.

Kerugian akibat panas, jika suatu penghantar dialiri arus listrik secara terus – menerus maka akan menimbulkan panas, panas ini timbul akibat energi listrik yang mengalir pada penghantar tersebut. Semakin lama arus tersebut mengalir maka semakin panas penghantar tersebut dan semakin banyak energi listrik yang hilang karena energi tersebut berubah menjadi panas. Hal inilah yang merugikan karena jika energi itu hilang maka tegangan pada ujung penghantar tersebut akan

berkurang. semakin banyak energin yang menjadi panas maka semakin banyak tegangan yang menghilang.

Kerugian akibat Jarak, jarak sangat berpengaruh pada keandalan jaringan karena semakin jauh atau semakin panjang penghantar listrik tersebut maka akan banyak tegangan listrik yang menghilang karena penghantar itu saendiri memiliki hambatan atau tahanan, jadi karena jarak penghantar sangat jau dari sumber atau pembangkit maka nilai hambatan penghantar itu sendiri akan mengurangi tagangan yang mengalir pada penghantar tersebut.

Luas penampang kawat (penghantar), Arus listrik yang mengalir dalam penghantar selalu mengalami tahanan dari penghantar itu sendiri, besarnya tahanan tergantung bahannya.

Tegangan juga sangat berpengaruh terhadap rugi-rugi daya, semakin besar tegangan pada suatu saluran, maka semakin kecil arus pada saluran tersebut. Sedangkan arus adalah salah satu faktor yang mempengaruhi besar kecilnya rugi-rugi daya pada suatu saluran. Itu dapat dilihat dari rumus dibawah ini:

$$P_{\text{loss}} = 3 \times I^2 \times R \times L \dots\dots\dots(2-7)$$

$$P_{\text{loss}} = (P^2 \times R \times L) / (V^2 \times (\text{Cos } \emptyset)^2) \dots\dots\dots(2-8)$$

Dengan

$$I = P / (3 \times V \times \text{Cos } \emptyset) \dots\dots\dots(2-9)$$

Dimana

$$P_{\text{loss}} = 3 \times I^2 \times R \times L \dots\dots\dots(2-10)$$

$$P_{\text{loss}} = (3 \times (P)^2 \times R \times L) / ((3)^2 \times (V)^2 \times (\text{Cos } \emptyset)^2) \dots\dots\dots(2-11)$$

$$P_{\text{loss}} = (3 \times P^2 \times R \times L) / (3 \times V^2 \times (\text{Cos } \emptyset)^2) \dots\dots\dots(2-12)$$

$$P_{\text{loss}} = (P^2 \times R \times L) / (V^2 \times (\text{Cos } \emptyset)^2) \dots\dots\dots(2-13)$$

2.5 Distributed Generation

Distributed Generation adalah pembangkit listrik yang melayani konsumen di tempat (on-site), atau untuk mendukung jaringan distribusi, dan terhubung ke jaringan pada level tegangan distribusi. Teknologinya secara umum terdiri dari

mesin, turbin kecil (termasuk turbin mikro), fuel cell dan photovoltaic. Umumnya, tenaga angin tidak termasuk ke dalamnya, karena sebagian besar tenaga angin diproduksi di wind-farm yang memang dibangun khusus untuk tujuan tersebut, dan bukan untuk memenuhi kebutuhan energi di suatu tempat yang ada didekatnya (lebih banyak terhubung ke saluran transmisi, bukan distribusi).\

2.5.1 Kapasitas DG

Definisi DG tidak mendefinisikan rating sumber pembangkitan, karena rating maksimum bergantung pada kondisi jaringan distribusi lokal, seperti level tegangan. Akan tetapi, pembedaan kategori tersebut sangat berguna, sehingga Ackermann et al memberikan saran pembagian rating tersebut menjadi:

Micro : $\sim 1 \text{ Watt} < 5 \text{ kW}$

Small : $5 \text{ kW} < 5 \text{ MW}$

Medium : $5 \text{ MW} < 50 \text{ MW}$

Large : $50 \text{ MW} < 300 \text{ MW}$

2.6 Macam teknologi DG

CIGRE telah mendefinisikan *Distributed Generation* sebagai semua unit pembangkit dengan kapasitas maksimal berkisar sampai 50 MW dan dipasangkan ke jaringan distribusi. IEEE mendefinisikan *Distributed Generation* sebagai pembangkitan yang menghasilkan energi dalam kapasitas yang lebih kecil dibandingkan pusat-pusat pembangkit konvensional dan dapat dipasangkan hampir pada setiap titik sistem tenaga listrik. IEA (2002) mendefinisikan *Distributed Generation* sebagai unit-unit yang menghasilkan energi pada sisi konsumen atau dalam jaringan distribusi lokal.

Semua definisi di atas menunjukkan bahwa pembangkitan dengan skala kecil yang dihubungkan ke jaringan distribusi dapat dianggap sebagai bagian dari DG. Selain itu, pembangkitan yang dipasangkan dekat dengan sisi beban atau konsumen juga dapat dikatakan sebagai *Distributed Generation*.

2.6.1 Photovoltaic (PV)

Energi matahari merupakan sumber energi penting sejak dahulu kala, dimulai cara memanfaatkan yang primitif sampai teknologi photovoltaic. Matahari melepas 95% energinya sebagai cahaya yang bisa dilihat dan sebagian lagi sebagai yang tidak terlihat seperti sinar infra-red dan ultra-violet. Sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut: untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5 kWh/m² /hari dengan variasi bulanan sekitar 10%; dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m² /hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Dengan demikian, potensi energi surya rata-rata Indonesia sekitar 4,8 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9%

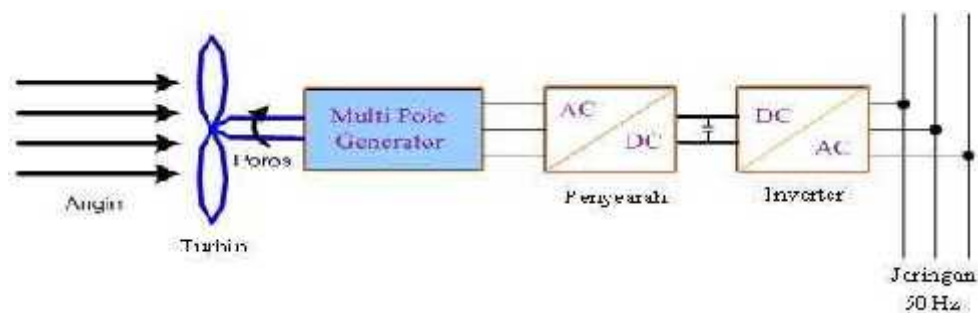


Gambar 2.6 Skema Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sumber : <http://belajarelektronika.net/cara-kerja-solar-cell-panel-pembangkit-listrik-tenaga-surya/>

2.6.2 Wind Turbin

Pembangkit Listrik Tenaga Angin mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Cara kerjanya cukup sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibagian belakang turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi Listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan. Energi kinetik dari angin ditangkap melalui turbin angin (kincir angin) yang diubah menjadi energi mekanis dan selanjutnya dikonversikan menjadi energi listrik melalui generator listrik.



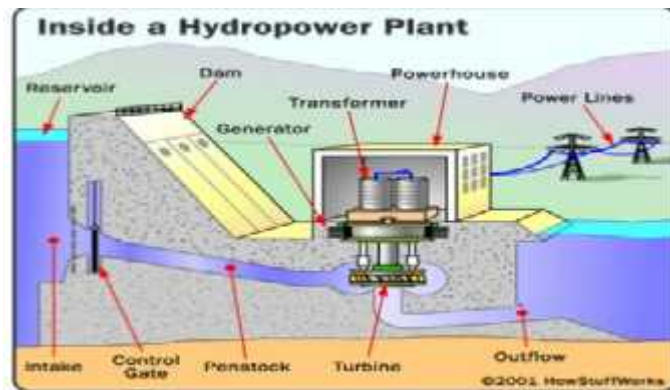
Gambar 2.7 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin

2.6.3 Small Hydro Micro Hydro

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan energi air sebagai penggerakannya, misalnya saluran irigasi, sungai atau air terjun dengan cara memanfaatkan tinggi terjunnya (head) dan jumlah debit airnya. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumberdaya penghasil

listrik memiliki kapasitas aliran maupun ketinggian tertentu. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

Pembangkit tenaga mikrohidro bekerja dengan cara memanfaatkan semaksimal mungkin energi potensial air. Energi ini secara perlahan diubah menjadi energi kinetik saat melalui nosel yang ditembakkan untuk memutar sudu- sudu turbin. Energi mekanis dari putaran turbin akhirnya diubah menjadi energi listrik melalui putaran generator. Sketsa sederhana dari sebuah pembangkit tenaga

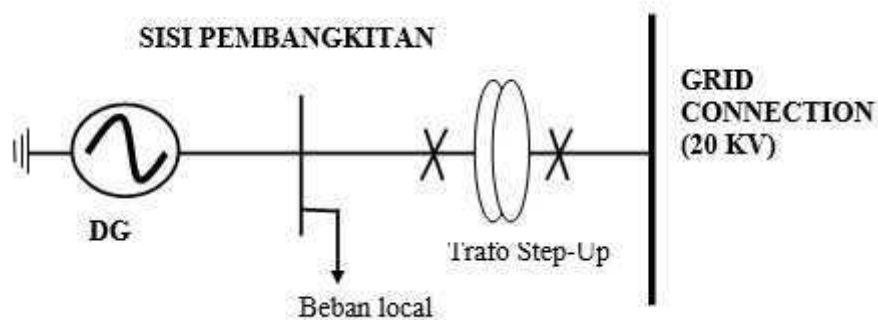


Gambar 2.8 Bagan Sederhana Pembangkit Tenaga Mikrohidro

Sumber : <http://godamaiku.blogspot.co.id/2013/01/pembangkit-listrik-tenaga-air.html>

2.6.3 Interkoneksi DG

Hal ini menunjuk pada teknologi DG sebagai sumber energi seperti energi surya, angin, mikrohidro, pasang surut dan biomassa. Setiap teknologi DG memiliki karakter yang berbeda-beda dalam menghasilkan energi, misalnya tipikal energi yang dihasilkan oleh PV dan *fuel cell* berupa *direct current* atau *wind turbin* yang tipikal energinya berupa energi mekanis (dihasilkan dari putaran pada turbin).



Gambar 2.9 Interkoneksi DG

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam analisis pemasangan Distributed Generation (DG) untuk memperbaiki profil tegangan dan penurunan rugi-rugi daya, skripsi ini menggunakan standart *IEEE* sebagai titik acuan dalam proses pelaksanaan dan pengerjaannya. Pengujian dan penelitian ini dimulai dengan survey data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Wilayah Kota Baru Dengan data yang diperoleh maka dapat dilakukan simulasi sistem 20 kV menggunakan *software ETAP Power Station*. Simulasi yang dapat dilakukan berupa aliran daya atau *Load Flow*, yang mana untuk mengetahui profil tegangan, daya aktif, daya reaktif dan rugi-rugi yang terjadi pada system 20 kV Setelah melakukan studi aliran daya maka dapat diketahui kondisi-kondisi bus yang mengalami penurunan tegangan (*under voltage*). Apabila terdapat kondisi-kondisi bus yang mengalami penurunan tegangan dibawah margin yang diijinkan maka dapat dilakukan perbaikan profil tegangan pemasangan Distributed Generation

3.1. *ETAP Power Station*

ETAP merupakan *software full grafis* yang dapat digunakan sebagai alat analisis untuk mendesain dan menguji kondisi sistem tenaga listrik yang ada. *ETAP* dapat digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik secara *off-line* dalam bentuk modul simulasi, *monitoring* data operasi secara *real time*, simulasi sistem *real time*, optimasi, manajemen energi sistem dan simulasi *intelligent load shedding*. *ETAP* didesain untuk dapat menangani berbagai kondisi dan topologi sistem tenaga listrik baik di sisi konsumen industri maupun untuk menganalisa performa sistem di sisi *utility*. *Software* ini dilengkapi dengan fasilitas untuk menunjang simulasi seperti jaringan AC dan DC (*AC and DC networks*), desain jaringan kabel (*cable raceways*), *grid* pentanahan (*ground grid*), GIS, desain panel, *arc-flash*, koordinasi peralatan proteksi (*protective device coordination/selectivity*), dan AC/ DC control sistem diagram . *ETAP Power Station* juga menyediakan fasilitas *Library* yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. *Library* ini dapat di edit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan. *Software* ini bekerja berdasarkan plant (*project*). Setiap plant harus menyediakan modelling

peralatan dan alat-alat pendukung yang berhubungan dengan analisis yang akan dilakukan. Misalnya generator, data beban, data saluran, dll. Sebuah plant terdiri dari sub-sistem kelistrikan yang membutuhkan sekumpulan komponen elektrik yang khusus dan saling berhubungan. Dalam *Power Station*, setiap plant harus menyediakan data base untuk keperluan itu.

ETAP Power Station dapat digunakan untuk menggambarkan *single line* diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisis/studi yakni *Load Flow* (aliran daya), *Short Circuit* (hubung singkat), motor starting, harmonisa, *transient stability*, *protective device coordination*, dan *Optimal Capacitor Placement*.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan *ETAP Power Station* adalah :

- *One Line Diagram*, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
- *Library*, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam system kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisis.
- Standar yang dipakai, biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSI, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai.
- *Study Case*, berisikan parameter – parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisis.
- Kelengkapan data dari setiap elemen/komponen/peralatan listrik pada sistem yang akan dianalisis akan sangat membantu hasil simulasi/analisis dapat mendekati keadaan operasional sebenarnya.



Gambar 3.1Tampilan program ETAP Power Station

3.2 Langkah Kerja Simulasi dan Analisa menggunakan Software *ETAP power Station*

Langkah kerja selanjutnya adalah menjalankan simulasi dengan menggunakan software Etap power station menggunakan metode newton Raphson untuk menganalisa penggunaan pembangkit distributrd generation (DG). Langkah awal untuk menjalankan simulasi ini terlebih dahulu dengan mengambar sistem penyulang menggunakan ETAP power station yang kemudian dilanjutkan dengan memasukan data-data hasil survey. Adapun data yang di masukan adalah data trafo, data saluran, data beban, spesifikasi PV.

Synchronous Generator Editor - Gen24

PSS	Harmonic	Protection	Reliability	Fuel Cost	Remarks	Comment
Info	Rating	Capability	Imp./Model	Grounding	Inertia	Governor

6,3 kV 1250 kW Swing

Rating

kW	kV	% PF	kVA	% Eff.	Poles
1250	6,3	86	1453	95	2
% of Bus kV from			FLA	RPM	
100			133.2	3000	

	Gen. Category	% V	Angle	kW	kvar	% PF	Qmax	Qmin
1	Design	100	0					
2	Normal	100	0					
3	Shutdown	100	0					
4	Emergency	100	0					
5	Standby	100	0					
6	Startup	100	0					

Prime Mover Rating

Continuous		Peak	
HP	kW	HP	kW
1676	1250	1676	1250








Mvar Limits

☐ Capability Curve
☒ User-Defined

Peak kvar: 676

Operating Values

% V	Vangle	kW	kvar
100	0	-328	1106





 Gen24
 


 OK Cancel

Gambar 3.2 input data generator

2-Winding Transformer Editor - MAW 01

Reliability		Remarks			Comment										
Info	Rating	Impedance	Tap	Grounding	Sizing	Protection	Harmonic								
200 kVA IFC Liquid-Fill Other 65C															
Voltage Rating Prim. kV: <input type="text" value="20"/> <input type="text" value="5.7/4"/> Sec. kV: <input type="text" value="0.4"/> <input type="text" value="288.7"/> Other 65		Dis. kV/hom: <input type="text" value="20"/> <input type="text" value="0.4"/>			Z Base kVA: <input type="text" value="200"/>										
Power Rating kVA Rated: <input type="text" value="200"/> Other 65 Derated: <input type="text" value="200"/> % Derating: <input type="text" value="0"/>				Alert - Max kVA: <input type="text" value="200"/> <input type="radio"/> Derated kVA <input checked="" type="radio"/> User-Defined											
				Installation Altitude: <input type="text" value="1000"/> m Ambient Temp.: <input type="text" value="30"/> °C											
MFR: <input type="text"/>															
Type / Class <table style="width: 100%;"> <tr> <th>Type</th> <th>Sub Type</th> <th>Class</th> <th>Temp Rise</th> </tr> <tr> <td><input type="text" value="Liquid-Fill"/></td> <td><input type="text" value="Other"/></td> <td><input type="text" value="Other"/></td> <td><input type="text" value="65"/></td> </tr> </table>								Type	Sub Type	Class	Temp Rise	<input type="text" value="Liquid-Fill"/>	<input type="text" value="Other"/>	<input type="text" value="Other"/>	<input type="text" value="65"/>
Type	Sub Type	Class	Temp Rise												
<input type="text" value="Liquid-Fill"/>	<input type="text" value="Other"/>	<input type="text" value="Other"/>	<input type="text" value="65"/>												
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <input type="button" value="File"/> <input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Undo"/> <input type="button" value="Redo"/> </div> <div> <input type="button" value="MAW 01"/> <input type="button" value="Help"/> <input type="button" value="Print"/> </div> <div> <input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/> </div> </div>															

Gambar 3.4 Input data Trafo


Static Load Editor - Load5

Info Loading Cable/Vd Cable Amp Harmonic Reliability Remarks Comment

1 0,621 kW 72,997 kvar 0,4 kV Cable Info not available

Ratings

kV kVA kW kvar % PF Amps Grounding

0.4 73 0,621 72,997 0,85 105,4 

Calculator...

Loading

	Loading Category	% Loading	Load		Feeder Loss	
			kW	kvar	kW	kvar
1	Design	100	0,62	73	0	0
2	Normal	100	0,62	73	0	0
3	Brake	0	0	0	0	0
4	Winter Load	0	0	0	0	0
5	Summer Load	0	0	0	0	0
6	FL Reject	0	0	0	0	0
7	Emergency	0	0	0	0	0
8	Shutdown	0	0	0	0	0
9	Accident	0	0	0	0	0
10	Backup	0	0	0	0	0

Operating Load: 0 kW +j 0 kvar

Load5 OK Cancel

Gambar 3.5 Input data beban

PV Array Editor - PVA 1

Info | PV Panel | **PV Array** | Inverter | Physical | Remarks | Comments

MFR: Suniva Type: Mono crystalline # of Cells: 60
 Model: ART245-60-3-1 Size: 240 Vdc: 1000

PV Panel

Watt / Panel: 239.7

In Series: 12

of Parallel: 230

PV Array (Total)

of Panels: 2760

Volts_{oc}: 367.8

kW_{dc}: 652

Amps_{dc}: 1790.6

	Generation Category	irradiance	Ia	Ic	MPP kW
▶ 1	Design	1000	30	0.0	651.71
2	Normal	900	30	58.1	563.72
3	Shutdown	800	30	55	516.05
4	Emergency	700	30	51.9	448.75
5	Standby	600	30	48.0	331.83
6	Startup	500	30	45.6	315.52

Irradiance Calc

PVA 1

OK Cancel

Gambar 3.6 input data PV

Inverter Editor - Inv8

Info Rating DC Generation Harmonic Reliability Remarks Comment

DC 700 kW 398,45 V AC 0,4 kV 630 kVA

DC Rating

kW 700 V 398,45 Vmax 105 % Vmin 95 %

FLA 1757

Efficiency

%Load	100	75	50	25
%Eff.	90	90	90	90

Imax

85 %

AC Rating

	kV	FLA
kVA 630	0,4	909,3
	Min. PF	Max. PF
%PF 100	80	100

SC Contribution to AC System

K 150 %

Isc = K * FLA 1364 A

AC Grounding

☐ Grounded ☒ IT - Individual ☐ Distributed Neutral

Inv8 OK Cancel

Gambar 3.7 Input data Inverter

3.2 Algoritma Simulasi ETAP Power Station

Memasukan Data :

- Data pembangkit
- Data Trafo *Step-up* (kVA)
- Data trafo distribusi
- Data saluran distribusi
- Data beban

Menjalankan *Load Flow* pada kondisi *base case* menggunakan metode

Newthon Rhapson

Mengecek hasil Parameter apakah Profil Tegangan pada sistem exsisting

serta mengecek hasil P_{loss} dan Q_{loss}

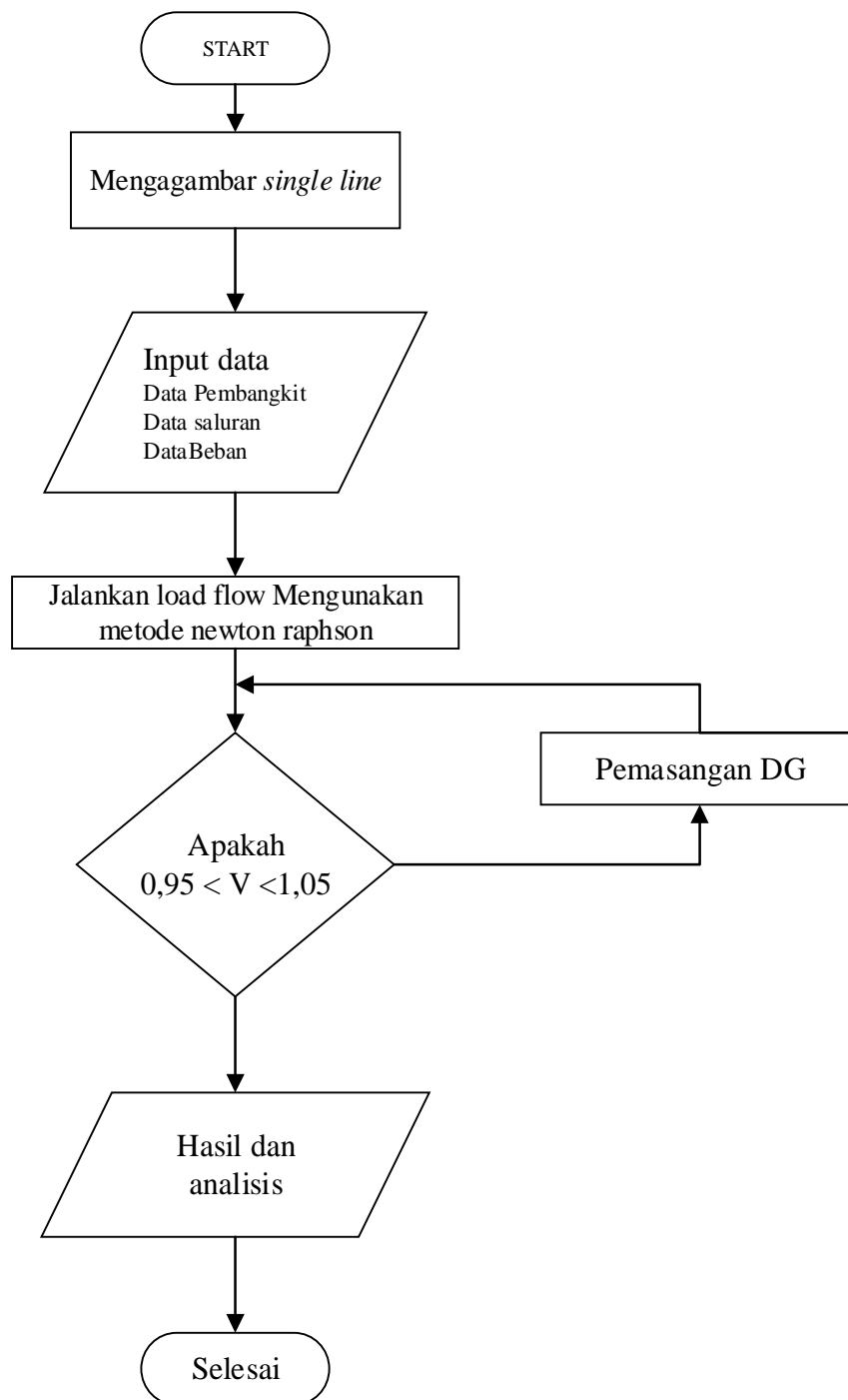
Memasang Distributed Generation

Mengecek profil tengan dan rugi-rugi sesudah interkoneksi Distributed Generation

Setelah proses simulasi selesai, kemudian cetak dan analisa data.

Selesai.

3.3 FLOWCHART



Gambar 3.8 Flowchat peyelesaian masalah

BAB IV

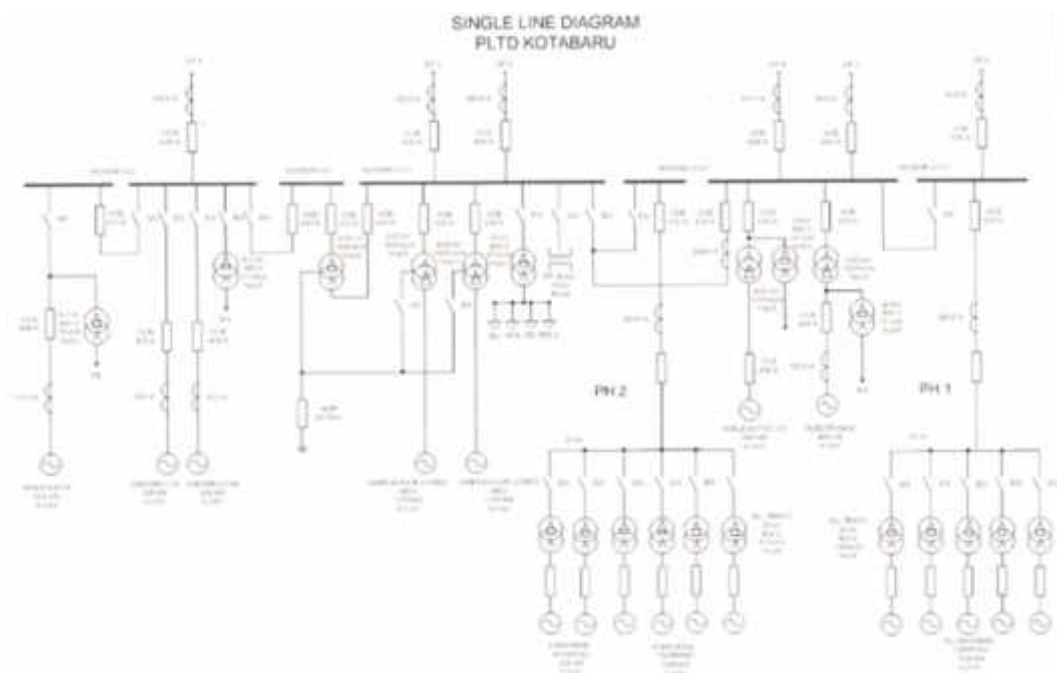
HASIL DAN PEMBAHASAN1

4.1 Area pelayanan PT PLN (Persero) KOTABARU

PT. PLN (Persero) Wilayah KOTA BARU yang berlokasi di JL. H. Hasan Basri No. 04 Kotabaru Kalimantan selatan merupakan suatu lembaga yang memiliki peranan penting dalam pembangkitan dan pendistribusian tenaga listrik kepada konsumen, salah satu tugas dari PT. PLN (Persero) KOTA BARU

4.2 Sistem Pembangkit PT PLN (Persero) KOTABARU

PT PLN (Persero) KOTA BARU memiliki pembangkit yang berkapasitas total 12 MW, yang terdiri dari 12 pembangkit tenaga disel.



Gambar 4.1 Single line diagram pembangkit PLTD Kotabaru

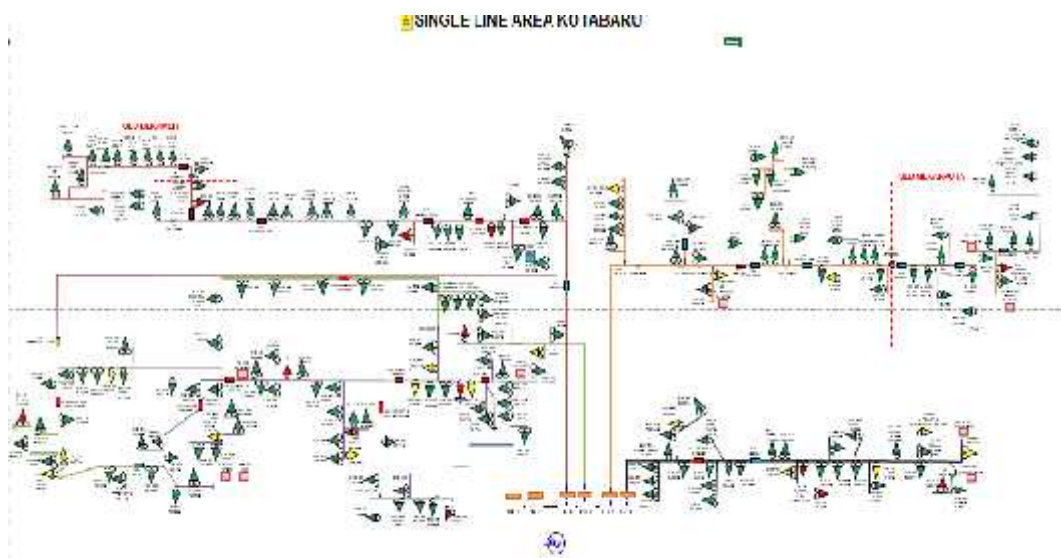
Sumber : PT. PLN (Persero) Kotabaru

Tenaga yang di hasilkan oleh PT. PLN (Persero) KOTA BARU kemudian di turunkan menjadi 20 kV melalui trasfomator tenaga yang di salurkan ke

penyulang–penyulang. Melalui trafo distribusi yang ada di penyulang, tegangan 20 kV di turunkan menjadi 220/380 volt sesuai dengan kebutuhan konsumen.

4.3 Sistem Jaringan pada PT. PLN (Persero) Kota baru

Sistem jaringan pada PT. PLN (persero) Kota baru merupakan sistem jaringan tipe radial yang memperoleh pasokan energi dari pembangkit tenaga disel.



Gambar 4.2 single line sistem jaringan PLN Kotabaru

Sumber : PT. PLN (Persero) Kotabaru

4.3.1 Data Pengukuran Beban

Table 4.1 Data Pengukuran Beban

NAMA GARDU	ALAMAT	DAYA (kVA)	BEBAN (kVA)	PERSENTASE PEMBEBANA (%)
MAW01	JL. M.ALWI	200	147	73
VTR.02	JL. VETRAN	200	150	75

DPN.03	JL.DIPONEGORO	200	166	83
SSM.04	JL.SISINGAMANGARAJ	200	104	52
SDM.05	JL. SUDIRMAN	160	93	58
SGN.06	JL.SURYAGANDAMAN	200	126	63
AGS.07	JL.AGUS SALIM	200	77	77
SYW.08	JL.SURYA WANGSA	160	144	71
HSD.09	JL.HASANNUDIN	200	112	56
BTS.10	JL.BATU SELIRA	200	89	45
PKJ.11	JL.P.KUSUSMA JAYA	160	77	48
HDY.12	JL.HIDAYAT	200	160	80
MID.13	JL.MEGA INDAH	200	141	71

Sumber : PLN Kota Baru (data beban pada kondisi beban puncak) lebih lengkap dapat di lihat di lampiran

4.3.2 Data Saluran

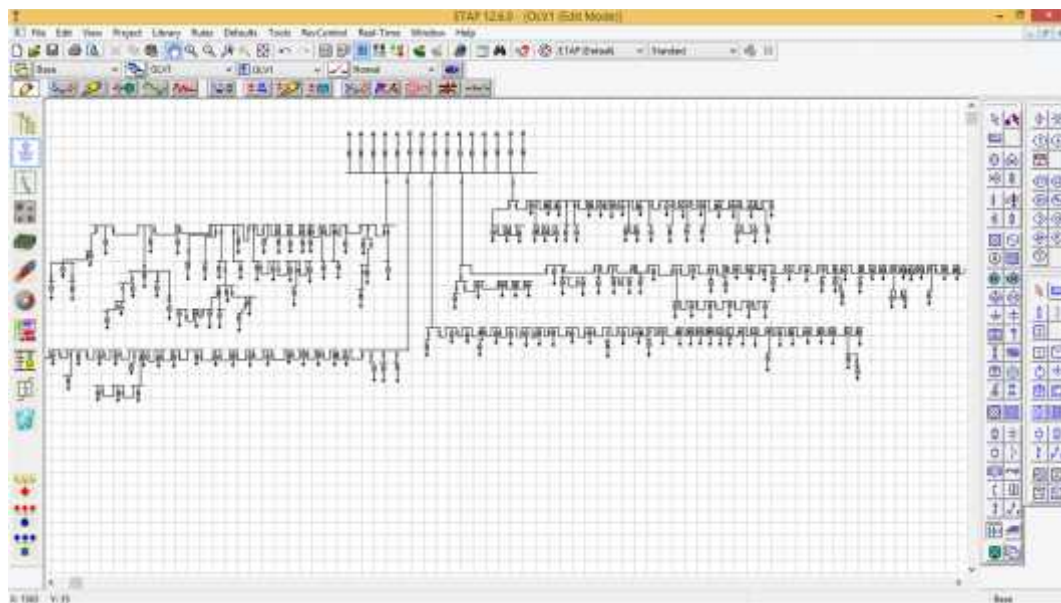
Tabel 4.2 Data Saluran Dan Beban Total PT. PLN kotabaru

NO	FEEDER	PANJANG (m)	BEBAN (kVA)	JUMLAH TRAFO (BH)
1	OF 2	7.366	5.645	41
2	OF 3	12.290	3.995	37
3	OF 4	15.336	2.985	32
4	OF 5	77.757	2.271	43
5	OF 6	52.341	2.142	42

Sumber : PT. PLN wilayah Kotabaru

4.4. Pemodelan *Single Line Diagram* Sistem Kelistrikan PT. PLN Kota Baru Menggunakan Software *ETAP Power Station*

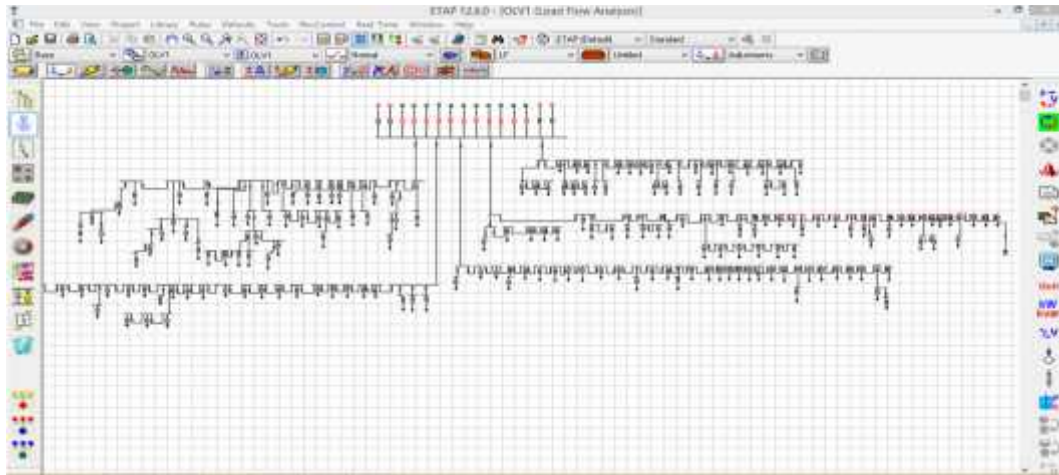
Membuat pemodelan *single line diagram* sistem kelistrikan PT PLN Kota Baru menggunakan *software ETAP Power Station* merupakan langkah awal dalam melakukan analisa. Dimana dalam pemodelan ini akan dimasukkan semua data – data teknis yang meliputi kapasitas, pembangkit, saluran, trafo *step-up*, trafo distribusi, dan beban.



Gambar 4.3 Pemodelan single line diagram sistem kelistrikan PLN Kota Baru pada software ETAP Power Station

4.5 simulasi Load Flow analisis pada kondisi base case menggunakan software ETAP Power Station

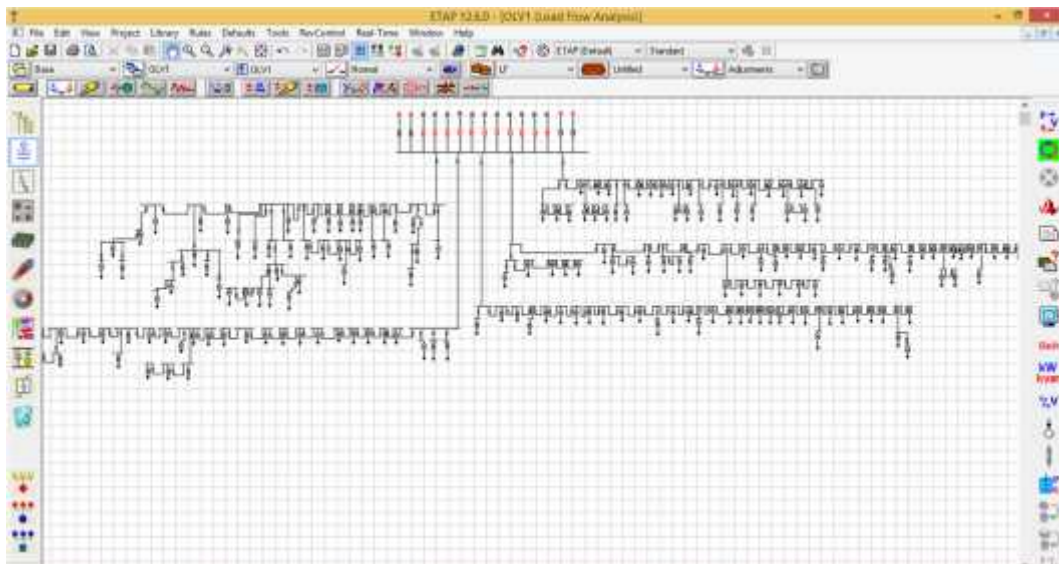
Simulasi load flow ini bertujuan untuk mengetahui kondisi awal sistem mengetahui nilai rating tegangan pada setiap bus, mengetahui daya yang mengalir di setiap saluran dan mendapatkan nilai daya aktif serta daya reaktif pada bus. Pada simulasi load flow ini menggunakan metode Newton Raphson.



Gambar 4.4 Load flow analysisi sebelum pemasangan pembangkit ditributrd
genetation (DG)

Gambar 4.4 di atas merupakan hasil running load flow analysis sebelum pemasangan dengan pembangkit distributed generation. Seperti nampak pada gambar di atas terdapat beberapa bus yang berwarna merah, bus tersebut berada dalam kondisi marginal under voltage.

Untuk gambar di bawah adalah gambar running load flow analisis setelah di pasang unit pembangkit terdistribusi (DG) .



Gambar 4.5 load flow analisis sesudah pemasangan distributed generation (DG)

Tujuan untuk mengetahui kondisi tegangan pada sistem distribusi PT. PLN kotabaru sebelum pemasangan dengan unit DG adalah untuk mengetahui dan

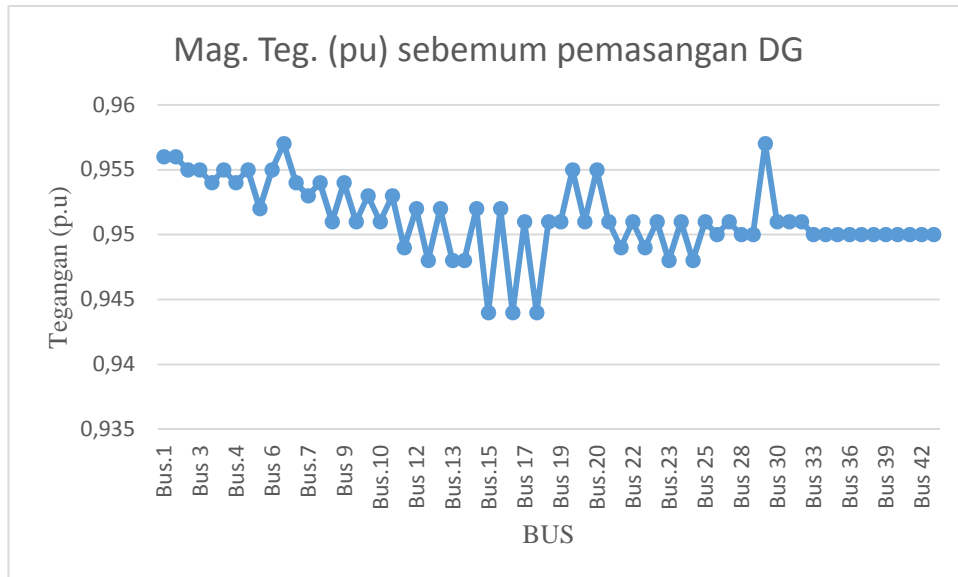
menganalisa perbedaan serta pengaruh interkoneksi DG pada sistem. Berikut profil tegangan hasil running load flow menggunakan software ETAP power station, menggunakan metode Newton raphson dan setelah pemasangan DG

Tabel 4.3 Perbandingan margin tegangan sebelum dan setelah pemasangan distributed generation

Bus ID	Nominal kV	Mag. Teg. (pu) sebelum pemasangan DG	Mag. Teg. (pu) setelah pemasangan DG
Bus.1	20	0,956	0,958
Bus 2	20	0,956	0,958
Bus.2	20	0,955	0,957
Bus 3	20	0,955	0,957
Bus.3	20	0,954	0,956
Bus 4	20	0,955	0,957
Bus.4	20	0,954	0,956
Bus 5	20	0,955	0,957
Bus.5	20	0,952	0,954
Bus 6	20	0,955	0,957
Bus.6	20	0,957	0,959
Bus 7	20	0,954	0,956
Bus.7	20	0,953	0,957
Bus 8	20	0,954	0,956
Bus.8	20	0,951	0,956
Bus 9	20	0,954	0,956
Bus.9	20	0,951	0,956
Bus 10	20	0,953	0,955
Bus.10	20	0,951	0,956
Bus 11	20	0,953	0,955
Bus.11	20	0,949	0,956
Bus 12	20	0,952	0,954
Bus.12	20	0,948	0,956
Bus 13	20	0,952	0,954
Bus.13	20	0,948	0,956
Bus.14	20	0,948	0,957
Bus 15	20	0,952	0,954
Bus.15	20	0,944	0,957
Bus 16	20	0,952	0,954
Bus.16	20	0,944	0,959
Bus 17	20	0,951	0,954
Bus.17	20	0,944	0,962
Bus 18	20	0,951	0,954
Bus 19	20	0,951	0,954
Bus.19	20	0,955	0,958
Bus 20	20	0,951	0,953
Bus.20	20	0,955	0,957
Bus 21	20	0,951	0,953
Bus.21	20	0,949	0,952

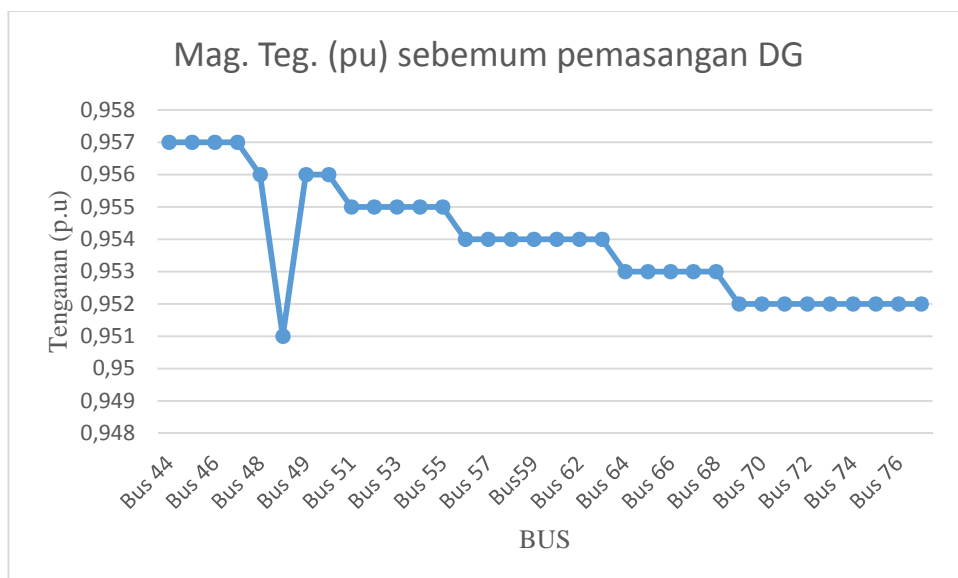
Bus 22	20	0,951	0,953
Bus.22	20	0,949	0,951
Bus 23	20	0,951	0,953
Bus.23	20	0,948	0,951
Bus 24	20	0,951	0,953
Bus.24	20	0,948	0,95
Bus 25	20	0,951	0,953
Bus 26	20	0,95	0,953
Bus 27	20	0,951	0,953
Bus 28	20	0,95	0,953
Bus 29	20	0,95	0,953
Bus30	20	0,957	0,959
Bus 30	20	0,951	0,953
Bus 31	20	0,951	0,953
Bus 32	20	0,951	0,953
Bus 33	20	0,95	0,953
Bus 34	20	0,95	0,953
Bus 35	20	0,95	0,953
Bus 36	20	0,95	0,953
Bus 37	20	0,95	0,952
Bus 38	20	0,95	0,952
Bus 39	20	0,95	0,953
Bus 40	20	0,95	0,953
Bus 41	20	0,95	0,952
Bus 42	20	0,95	0,952

Data lebih lengkap dapat dilihat di lampiran



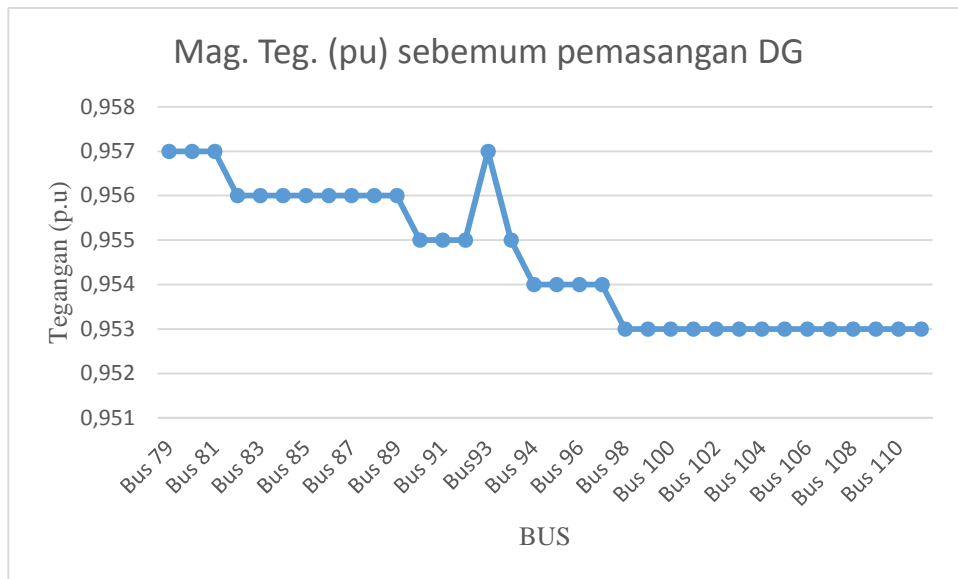
Gambar 4.6 profil tegangan pada kondisi sebelum di pasang DG penyulang 1

Seperti di lihat pada grafik di atas, pada penyulang 1 terdapat beberapa bus yang mengalami penurunan tegangan mendekati batas yang di perbolehkan ($0,95 \text{ pu} < V$)



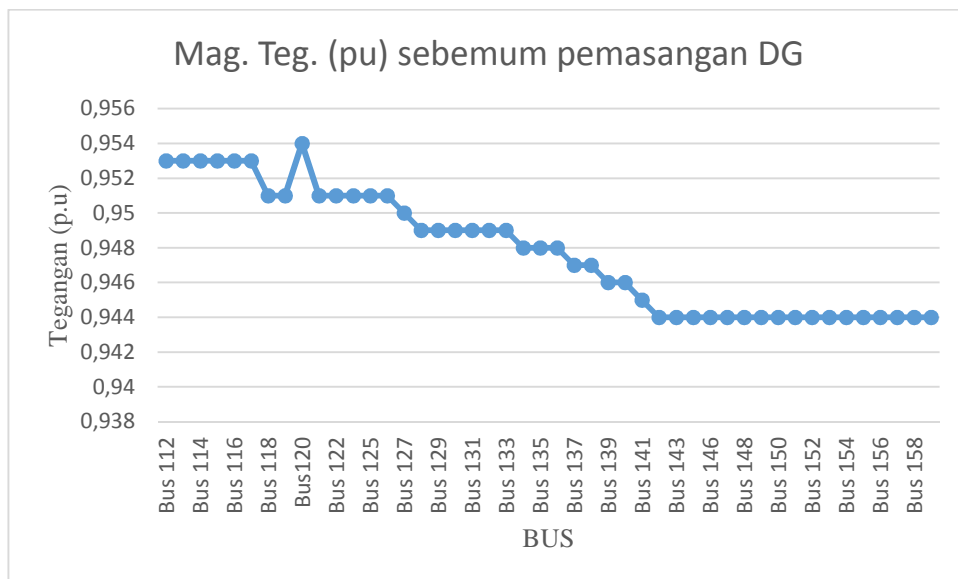
Gambar 4.7 profil tegangan pada kondisi sebelum di pasang DG penyulang 2

Seperti di lihat pada grafik di atas, pada penyulang 2 bus masih dalam batas yang di perbolehkan.



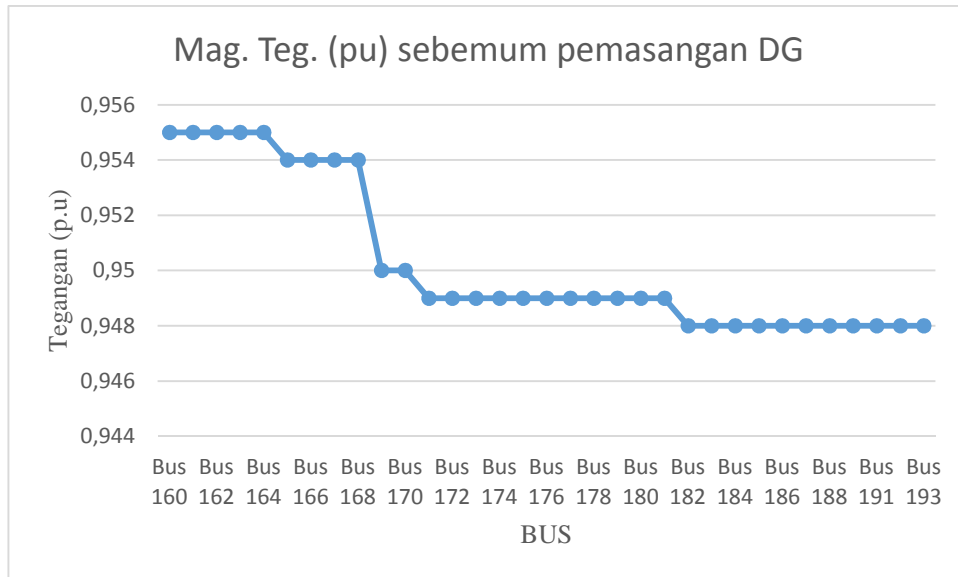
Gambar 4.8 profil tegangan pada kondisi sebelum di pasang DG penyulang 3

Seperti di lihat pada grafik di atas, pada penyulang 2 bus masih dalam batas yang di perbolehkan.



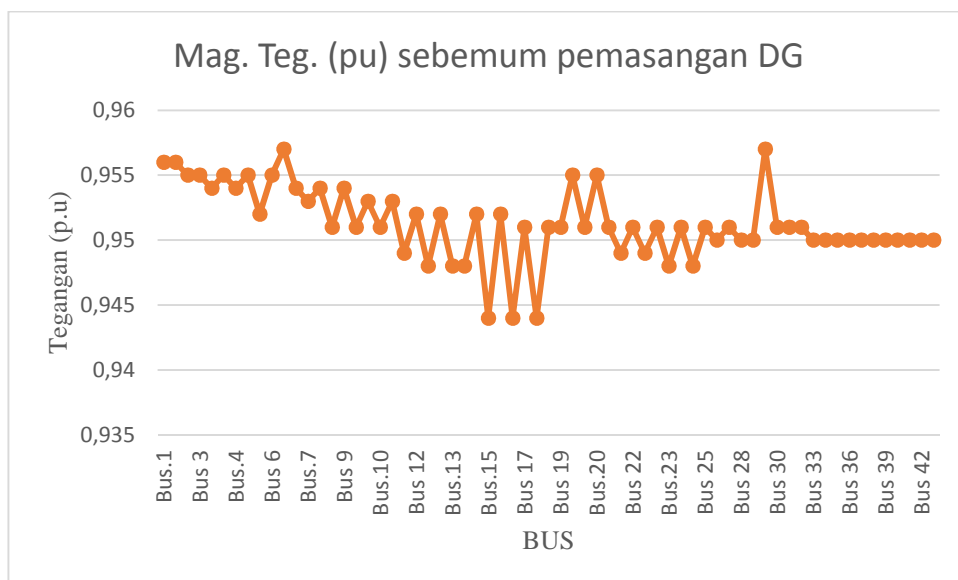
Gambar 4.9 profil tegangan pada kondisi sebelum di pasang DG penyulang 4

Seperti di lihat pada grafik di atas, pada penyulang 4 terdapat beberapa bus yang mengalami penurunan tegangan mendekati batas yang di perbolehkan ($0.95 \text{ pu} < V$)



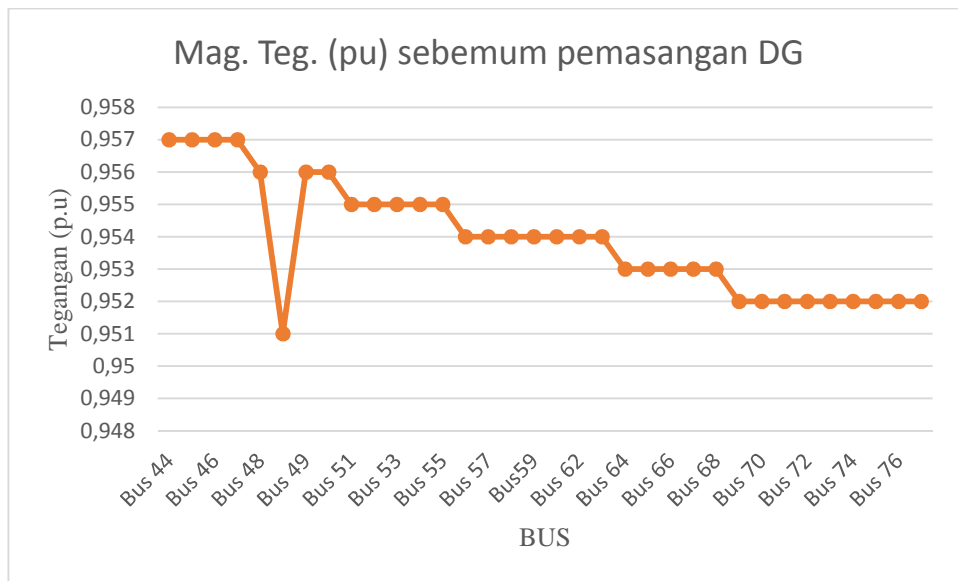
Gambar 4.10 profil tegangan pada kondisi sebelum di pasang DG penyulang 5

Seperti di lihat pada grafik di atas, pada penyulang 5 terdapat beberapa bus yang mengalami penurunan tegangan mendekati batas yang di perbolehkan ($0,95 \text{ pu} < V$) Hal ini di sebabkan karena saluran pada penyulang ini lebih panjang dan beban lebih banyak di dibandingkan dari penyulang lain nya jadi pembagian beban yang tidak seimbang dan panjang saluran turut mempengaruhi profil tegangan.



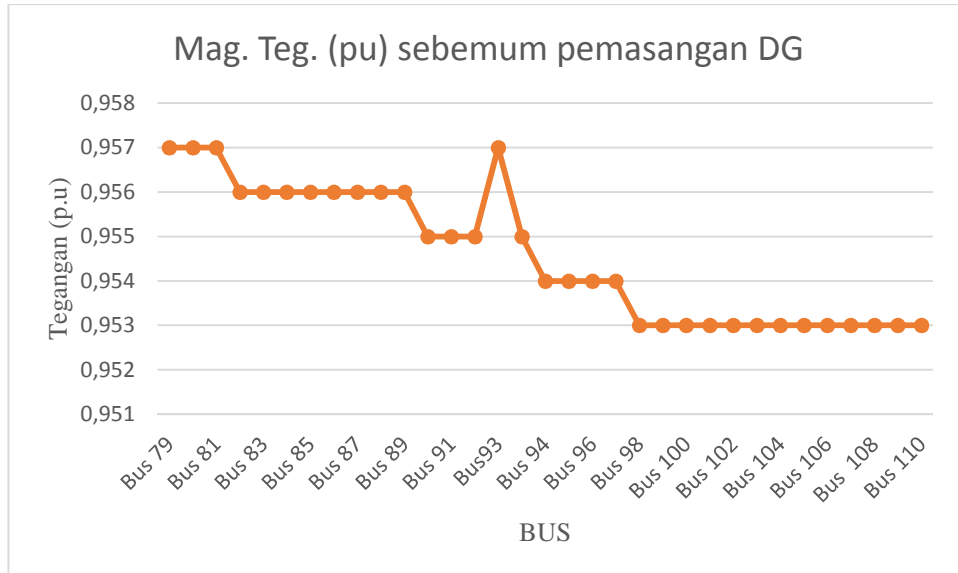
Gambar 4.11 profil tegangan pada kondisi setelah di pasang DG penyulang 1

Pada kondisi ini profil tegangan pada penyulang 1 mengalami kenaikan yang Karena adanya kompensasi daya yang di berikan oleh distributed generation (DG)



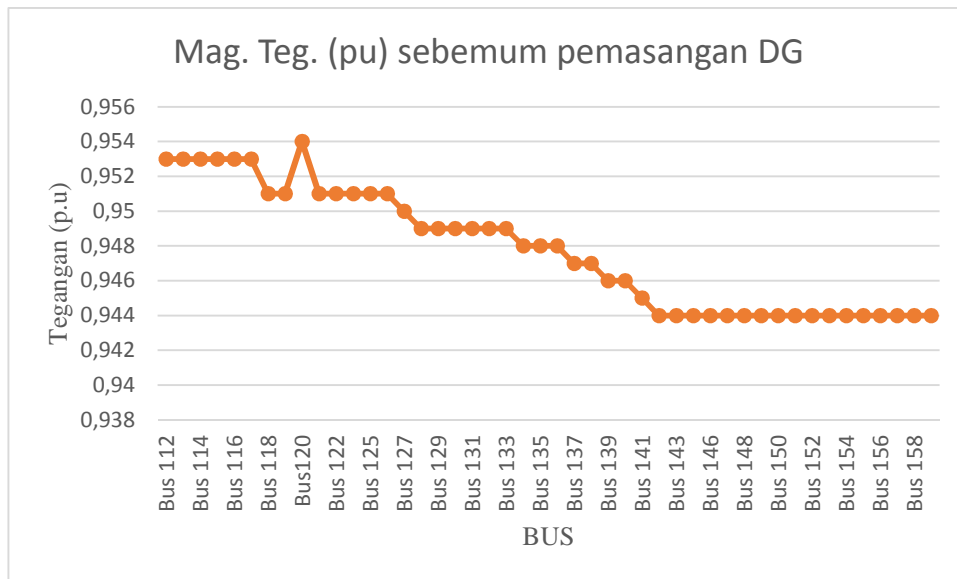
Gambar 4.12 profil tegangan pada kondisi setelah di pasang DG penyulang 2

Pada kondisi ini profil tegangan pada penyulang 1 mengalami kenaikan yang Karena adanya konpensasi daya yang di berikan oleh distributed generation (DG)



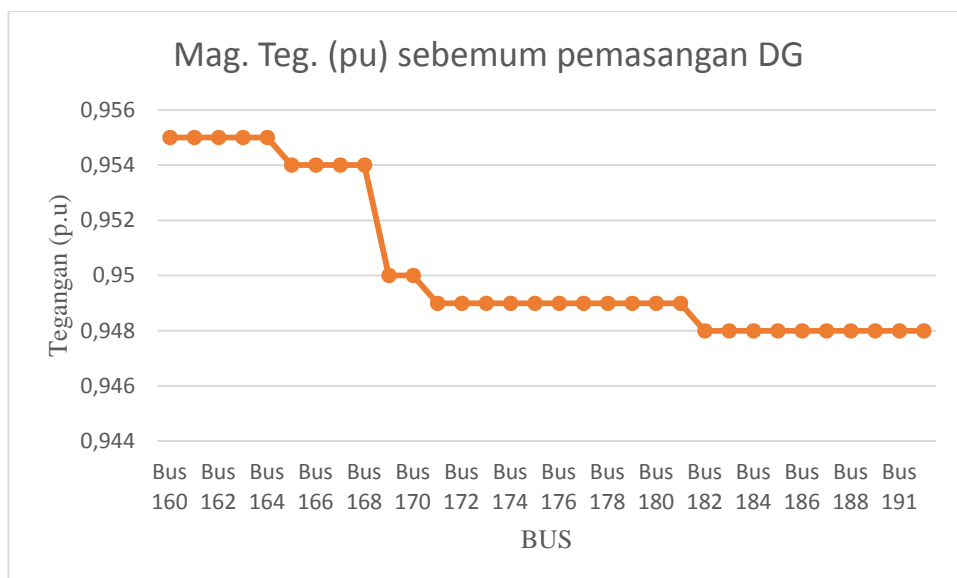
Gambar 4.13 profil tegangan pada kondisi setelah di pasang DG penyulang 3

Pada kondisi ini profil tegangan pada penyulang 1 mengalami kenaikan yang Karena adanya konpensasi daya



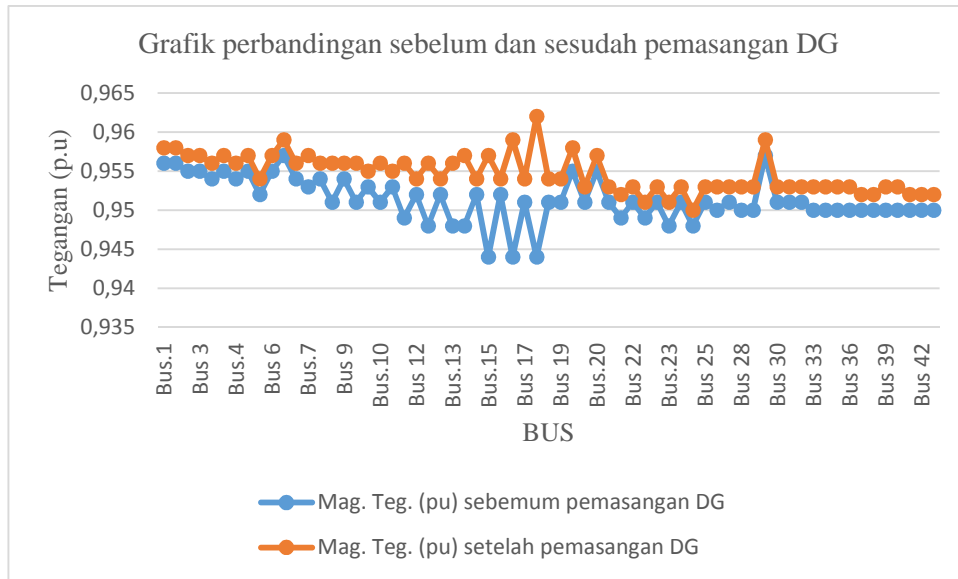
Gambar 4.14 profil tegangan pada kondisi setelah di pasang DG penyulang 4

Pada kondisi ini profil tegangan pada penyulang 4 mengalami kenaikan yang awal nya berada pada kondisi margin under voltage dengan magnitude tegangan 0,946 p.u mengalami perbaikan menjadi 0,961 p.u.



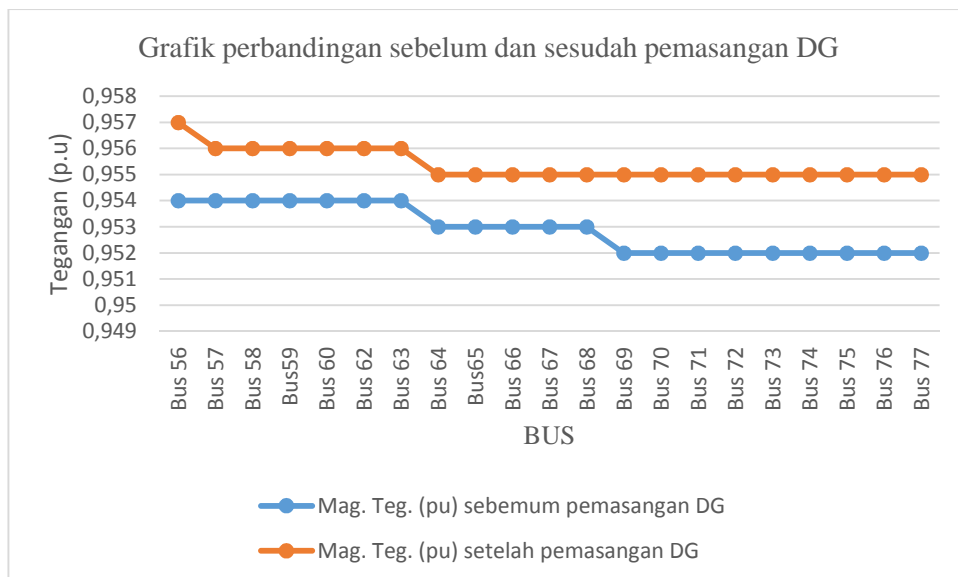
Gambar 4.15 profil tegangan pada kondisi setelah di pasang DG penyulang 5

Pada kondisi ini profil tegangan pada penyulang 5 mengalami kenaikan yang awal nya berada pada kondisi margin under voltage dengan magnitude tegangan 0,946 p.u mengalami perbaikan menjadi 0,95 p.u.



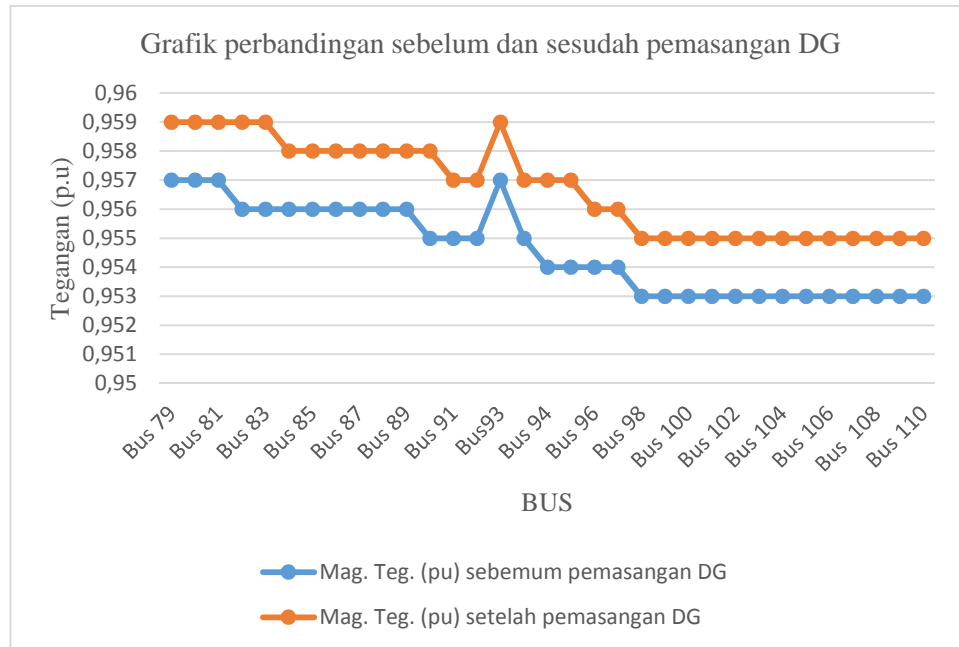
Gambar 4.16 perbandingan profil tegangan sebelum dan sesudah interkoneksi
Distributed generation (DG) penyulang 1

Hasil dari simulasi load flow setelah pemasangan distributed generation di ketahui bahwa profil tegangan pada penyulang 1 mengalami kenaikan karena adanya kompensasi daya yang di hasilkan oleh distributed generation



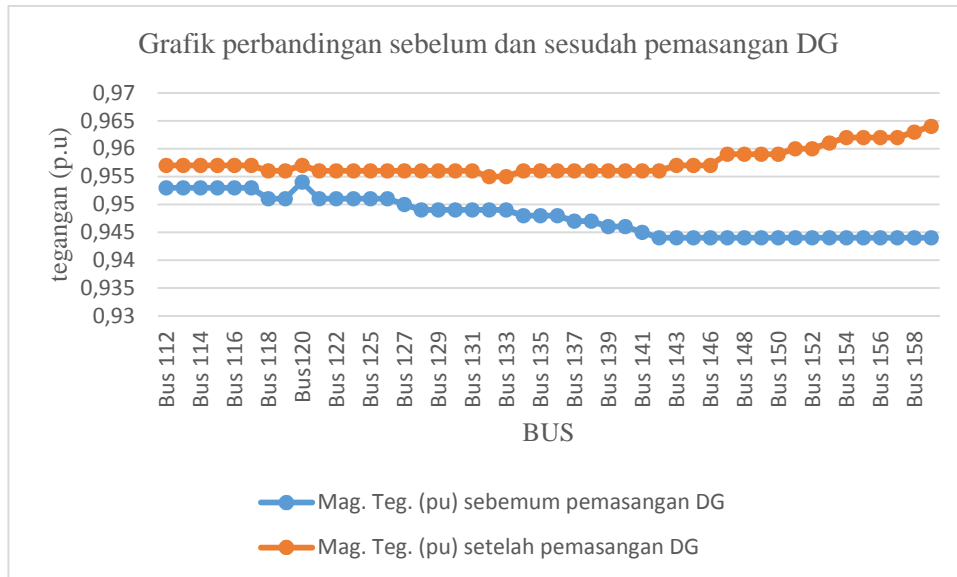
Gambar 4.17 perbandingan profil tegangan sebelum dan sesudah interkoneksi
Distributed generation (DG) penyulang 2

Hasil dari simulasi load flow setelah pemasangan distributed generation di ketahui bahawa profil tegangan pada penyulang 2 mengalami kenaikan karena adanya kompensasi daya yang di hasilkan oleh distributed generation



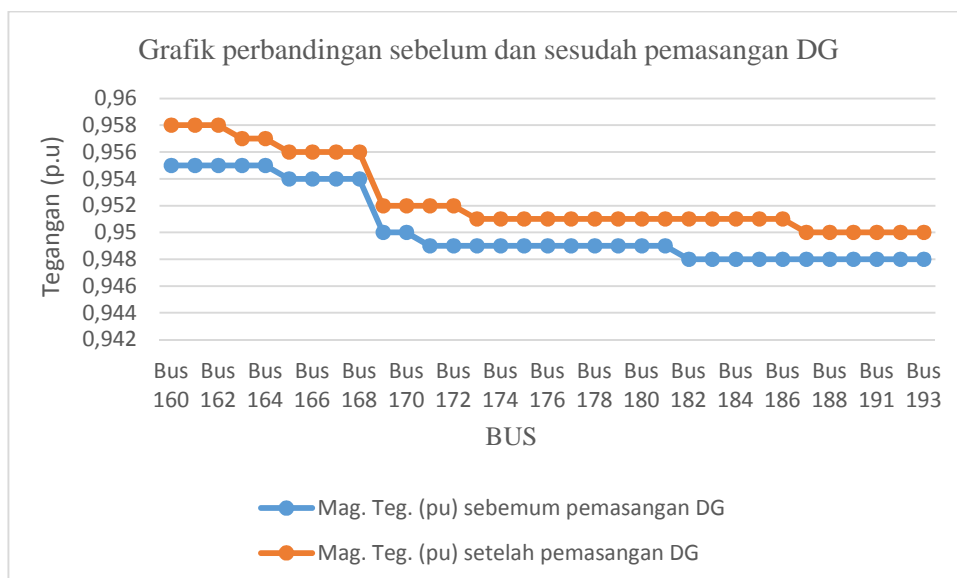
Gambar 4.18 perbandingan profil tegangan sebelum dan sesudah interkoneksi Distributed generation (DG) penyulang 3

Hasil dari simulasi load flow setelah pemasangan distributed generation di ketahui bahawa profil tegangan pada penyulang 3 mengalami kenaikan karena adanya kompensasi daya yang di hasilkan oleh distributed generation



Gambar 4.19 perbandingan profil tegangan sebelum dan sesudah interkoneksi Distributed generation (DG) penyulang 4

Hasil dari simulasi load flow setelah pemasangan distributed generation diketahui bahwa profil tegangan pada penyulang 4, bus yang mengalami under voltage dapat kembali normal karena adanya kompensasi daya yang dihasilkan oleh distributed generation



Gambar 4.20 perbandingan profil tegangan sebelum dan sesudah interkoneksi Distributed generation (DG) penyulang 5

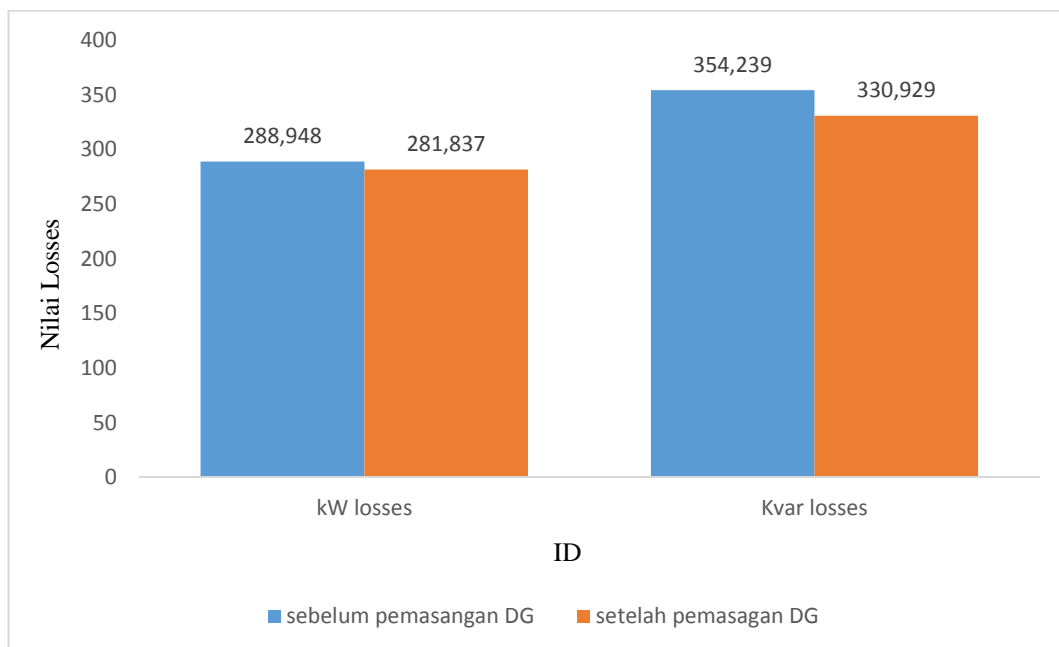
Hasil dari simulasi load flow setelah pemasangan distributed generation di ketahui bahwa profil tegangan pada penyulang 5, bus yang mengalami under voltage dapat kembali normal karena adanya kompensasi daya yang di hasilkan oleh distributed generation

4.6 Hasil perbandingan total *Ploss* dah *Qloss* Kondisi *base case* dan sesudah penempatan *distributed generation*

Tabel 4.4 perbandingan total *Ploss* dah *Qloss* Kondisi *base case* dan sesudah penempatan *distributed generation*

kondisi	kW losses	Kvar losses
sebelum pemasangan DG	288,948	354,239
setelah pemasagan DG	281,837	330,929

Pada tabel 4.4 bahwa setelah penempatan distributed generation kenaikan rugi-rugi daya aktif dan reaktif pada kondisi base case berkurang karena adanya kompensasi daya dari distributed generation sehingga profil tegangan terjaga dan tetap pada batas yang diijinkan.



Gambar 4.21 Grafik perbandingan *Ploss* (kw) dan *Qloss*(Kvar) sebelum dan sesudah pemasangan distributed generation (DG)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah hasil perencanaan dan pembuatan system kemudian pengujian dan analisa, penulis akan menyampaikan beberapa kesimpulan dan saran yaitu sebagai berikut :

1. Setelah pemasangan distributed generation profil tegangan yang sebelumnya mengalami kritikal, terutama pada akhir penyulang 4 dan 5 profil tegangan 0.94 p.u dapat di tingkatkan ke batas level margin yang di ijinakan menjadi 0,96 p.u, batas margin yang di ijinakan lebih dari 0,95 p.u dan kurang dari 1,05p.u.
2. Sedangkan rugi-rugi daya yang dapat di reduksi dari 288,948 (kw) dan 354,239 (Kvar) setelah pemasangan distributed generation dapat di reduksi menjadi 281,837 (kw) dan 330,929 (Kvar).

5.2 Saran

untuk proses simulasi dapat menggunakan aplikasi sistem tenaga lain yang mendukung sehingga hasil lebih baik di banding hasil simulasi pada skripsi ini yang menggunakan software ETAP power station.

Referensi

1. Delfino, B., 2002, Modeling of the integration of distributed generation into the electrical system, *Proceedings of the 2002 IEEE Power Engineering Society Summer Meeting*, Volume 1, Pages: 170 – 175
2. Grady, W.M., Samotyj, M.J., and Noyola, A.H, 1992, The application of network objective functions for minimizing the impact of voltage harmonics in power systems, in *IEEE Trans. on Power Delivery*, vol.7. no.3, pp. 1379 – 1385
3. Wang C. and Nehir, M. H , 2003, Analytical approaches for optimal placement of distributed generation sources in distribution system, *IEEE Transaction on Power Systems*, in press
4. Willis, H. L. and Scott, W. G., 2000, *Distributed Power Generation Planning and Evaliation*, Marcel Dekker, Inc.
5. Borges C.L.T, Falco. D.M, “Impact of Distributed Generation Alocation and Sizing on Realibility, Lossses and Voltage Profile”, Power tech Conference Proceeding, vol. 2, Bologna, Italy, June 23-26, 2003

